



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“PLANIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL
MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE SUPERFICIE PARA
BOMBEO HIDRÁULICO EN LA EMPRESA MKPSERVIC
SERVICIOS PETROLEROS CÍA. LTDA. DE LA CIUDAD
DE FRANCISCO DE ORELLANA.”**

GUEVARA BETANCOURT GINO FERNANDO

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-01-30

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

GINO FERNANDO GUEVARA BETANCOURT

Titulada:

**“PLANIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL
EQUIPO DE SUPERFICIE PARA BOMBEO HIDRÁULICO EN LA EMPRESA
MKPSERVIC SERVICIOS PETROLEROS CÍA. LTDA. DE LA CIUDAD DE
FRANCISCO DE ORELLANA.”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Dr. Marco Haro Medina
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Eduardo Hernández. Dávila
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: GINO FERNANDO GUEVARA BETANCOURT

TÍTULO DE LA TESIS: “PLANIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE SUPERFICIE PARA BOMBEO HIDRÁULICO EN LA EMPRESA MKPSERVIC SERVICIOS PETROLEROS CÍA. LTDA. DE LA CIUDAD DE FRANCISCO DE ORELLANA.”

Fecha de Examinación: 2013-12-11

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Fernando González Puente PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Dr. Marco Haro Medina DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Eduardo Hernández Dávila ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de defensa se han cumplido.

Ing. Fernando González Puente
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Gino Fernando Guevara Betancourt

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida e inteligencia para cursar cada etapa de mi vida.

Dedico con infinita ternura y amor a quienes con abnegación y sacrificio supieron guiarme y comprenderme en todo momento y que hoy ven cumplidos sus deseos, en especial:

A Gino y Olga, mis Padres.

A Guadalupe, Gabriela y Karla, mis hermanas.

A Juana Celina, Abuelita.

Se la dedico de corazón.

Gino Guevara Betancourt

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo:

Prestigiosa institución educativa, por su intermedio a las autoridades y en especial al personal docente de la Escuela Ingeniería de Mantenimiento que me han guiado y brindado la oportunidad de alcanzar con éxito la carrera deseada, con ella prepararme y capacitarme para desempeñarme adecuadamente en la vida profesional.

A mis maestros:

Dr. Marco Antonio Haro Medina e Ing. Eduardo Hernández por sus orientaciones y sabios conocimientos aportados en el asesoramiento para salir adelante con el presente trabajo de investigación.

A la empresa MKPSERVIC Servicios Petroleros:

Ing. Sandra Guevara, Gerente General e Ing. Patricio Coba Jefe de mantenimiento y operaciones, por abrirme las puertas de su compañía y facilitar la realización de la práctica e investigación para sustentar el contenido científico y técnico de esta tesis.

Gino Guevara Betancourt

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Administración política de empresa.....	2
1.3 Servicios que ofrece la empresa.....	5
1.3.1 <i>Bombeo hidráulico</i>	5
1.3.2 <i>Bombeo y pruebas a ratas múltiples</i>	6
1.3.3 <i>Bombeo de solventes y estimulaciones</i>	6
1.3.4 <i>Bombeos de reinyección de agua</i>	6
1.4 Justificación.....	6
1.5 Objetivos.....	7
1.5.1 <i>Objetivo general</i>	7
1.5.2 <i>Objetivos específicos</i>	7
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Bombeo hidráulico.....	8
2.1.1 <i>Generalidades del bombeo hidráulico</i>	8
2.1.2 <i>Bombeo hidráulico</i>	10
2.1.3 <i>Funcionamiento del bombeo hidráulico</i>	10
2.1.4 <i>Ventajas y desventajas del bombeo hidráulico</i>	11
2.1.4.1 <i>Ventajas del bombeo hidráulico</i>	11
2.1.4.2 <i>Desventajas del bombeo hidráulico</i>	12
2.1.5 <i>Equipo de superficie</i>	12
2.1.5.1 <i>Componentes básicos de un equipo de superficie</i>	14
2.1.5.2 <i>Descripción de los componentes del equipo de superficie</i>	14
2.2 Mantenimiento.....	20
2.2.1 <i>Generalidades de mantenimiento</i>	20
2.2.2 <i>Objetivos del mantenimiento</i>	22
2.2.3 <i>Importancia</i>	25
2.2.4 <i>Tipos de mantenimiento</i>	26
2.2.4.1 <i>Mantenimiento correctivo</i>	27
2.2.4.2 <i>Mantenimiento modificativo</i>	27
2.2.4.3 <i>Mantenimiento preventivo</i>	28
2.2.4.4 <i>Mantenimiento sistemático</i>	29
2.2.4.5 <i>Mantenimiento condicional o predictivo</i>	30
2.3 Gestión del mantenimiento.....	31
2.3.1 <i>Desempeño de la gestión de mantenimiento</i>	32
2.3.2 <i>Objetivo de la gestión de mantenimiento</i>	32
2.4 Implementación de la gestión de mantenimiento.....	32
2.4.1 <i>Análisis de la situación</i>	32
2.4.2 <i>Codificación de equipos</i>	32
2.4.2.1 <i>Estructura de codificación</i>	34
2.4.3 <i>Fichas técnicas</i>	34

2.4.4	<i>Determinación del estado técnico de los equipos</i>	35
2.4.4.1	<i>Clasificación de los equipos de acuerdo a su estado técnico</i>	36
2.4.4.2	<i>Procedimiento para determinar el estado técnico de equipos</i>	36
2.4.5	<i>Análisis de restricciones</i>	37
2.4.6	<i>Criticidad de equipos</i>	38
2.4.6.1	<i>Análisis de criticidad</i>	38
2.4.7	<i>Análisis de modos y efectos de falla (FMEA)</i>	40
2.4.7.1	<i>Diagrama de evaluación de tareas</i>	43
2.4.8	<i>Planificación y programación del mantenimiento</i>	43
2.4.8.1	<i>Definición de planificación de mantenimiento</i>	43
2.4.8.2	<i>Tipos de planificación de mantenimiento</i>	44
2.4.8.3	<i>Definición de la programación del mantenimiento</i>	45
2.4.9	<i>Indicadores de gestión de mantenimiento</i>	45
3.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	
3.1	<i>Estructura de la empresa</i>	48
3.2	<i>Organigrama de posición de la empresa</i>	49
3.3	<i>Organigrama estructural de la empresa</i>	49
3.4	<i>Organigrama funcional de la empresa</i>	50
3.5	<i>Organigrama del Departamento de Mantenimiento</i>	52
3.5.1	<i>Estructura funcional del departamento de mantenimiento</i>	52
3.5.2	<i>Orgánico funcional del personal departamento de manteamiento</i>	55
3.6	<i>Análisis del sistema actual de mantenimiento</i>	55
3.6.1	<i>Análisis de bitácoras de mantenimiento</i>	56
3.6.2	<i>Plan del mantenimiento actual</i>	56
3.6.3	<i>Conclusión del sistema actual de mantenimiento</i>	56
3.7	<i>Contexto operacional de equipos</i>	57
3.7.1	<i>Jerarquización del sistema</i>	57
3.7.2	<i>Propósito del sistema</i>	58
3.7.3	<i>Descripción del proceso</i>	59
3.7.4	<i>Dispositivos de seguridad</i>	60
3.7.4.1	<i>Sensor de seguridad (pulsador de paro)</i>	60
3.7.4.2	<i>Válvula de alivio contra la sobrepresión</i>	61
3.7.4.3	<i>Válvula para control de oleaje</i>	61
3.7.4.4	<i>Válvula de seguridad</i>	61
3.7.4.5	<i>Válvula estranguladora</i>	62
3.7.4.6	<i>Válvulas de seguridad para separadores</i>	62
3.7.4.7	<i>Válvula reguladora de fluido</i>	62
3.7.5	<i>Diagrama entrada-proceso-salida (EPS)</i>	63
3.7.6	<i>Diagrama (EPS) equipo de superficie</i>	64
3.7.7	<i>Operaciones</i>	65
3.7.8	<i>Definición de los límites de los sistemas</i>	65
4.	DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	
4.1	<i>Selección de componentes funcionales</i>	66
4.2	<i>Codificación de equipos</i>	67

4.3	Fichas de datos y características técnicas de equipos.....	68
4.4	Fichas de estado técnico de los equipos.....	74
4.5	Análisis de restricciones.....	81
4.5.1	<i>Proceso del análisis de restricciones.....</i>	81
4.5.2	<i>Conclusión del análisis de restricciones.....</i>	82
4.6	Análisis de criticidad.....	82
4.6.1	<i>Aplicación.....</i>	83
4.6.2	<i>Cuadro criterios del análisis de criticidad.....</i>	84
4.6.3	<i>Cuadro de resultados del análisis de criticidad.....</i>	87
4.7	Análisis de modos y efectos de fallos de los equipos críticos.....	87
4.8	Determinación del plan de mantenimiento preventivo para los equipos de MKPSERVIC Servicios Petroleros Cía. Ltda.....	111
4.8.1	<i>Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de mantenimiento preventivo de la bamba de desplazamiento positivo quintuplex National Oilwell.....</i>	129
4.9	Gestión de documentos técnicos.....	137
4.9.1	<i>Solicitud de trabajo de mantenimiento.....</i>	137
4.9.2	<i>Orden de trabajo.....</i>	138
4.9.3	<i>Solicitud de materiales, herramientas y repuestos.....</i>	139
4.9.4	<i>Control de horas trabajadas.....</i>	139
4.9.5	<i>Solicitud de compras de equipo, materiales y repuestos.....</i>	140
4.9.6	<i>Historial de mantenimiento.....</i>	140
5.	SELECCIÓN DEL SOFTWARE E IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN MKPSERVIC SERVICIOS PETROLEROS	
5.1	Análisis de los requerimientos técnicos de la empresa.....	142
5.2	Análisis comparativo de las herramientas informáticas o GMACs.....	143
5.2.1	<i>Oferta del mercado.....</i>	143
5.2.1.1	<i>SisMAC.....</i>	144
5.2.1.2	<i>SGMPro.....</i>	146
5.2.1.3	<i>MP2.....</i>	148
5.2.1.4	<i>Cuadro comparativo de software por funciones.....</i>	150
5.2.3	<i>Estudio de los GMACs.....</i>	152
5.2.3.1	<i>Análisis de las características de los GMACs con respecto a los requerimientos de la empresa.....</i>	152
5.2.3.2	<i>Análisis de las características de los GMACs con respecto a funciones pre establecidas.....</i>	153
5.2.3.3	<i>Análisis de precios.....</i>	156
5.2.4	<i>Selección del software.....</i>	156
5.3	Implementación del software de mantenimiento "SGMPro".....	157
5.3.1	<i>Flujograma de manipulación del software SGMPro.....</i>	157
5.3.2	<i>Construcción de la simbología del flujograma.....</i>	157
5.3.3	<i>Flujograma de manipulación.....</i>	158
5.3.4	<i>Interpretación flujograma de manipulación del software SGMPro.....</i>	159
5.3.4.1	<i>Ejecución en la instalación del programa.....</i>	159
5.3.4.2	<i>Página de inicio.....</i>	160
5.3.4.3	<i>Autenticarse.....</i>	161
5.3.4.4	<i>Menú principal.....</i>	161

5.3.4.5	<i>Gestión</i>	162
5.3.4.6	<i>Reportes</i>	167
5.3.4.7	<i>Base de datos empleada en el software</i>	169
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1	Conclusiones.....	170
6.2	Recomendaciones.....	171

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Acciones de mantenimiento.....	21
2 Generaciones del mantenimiento-evolución.....	23
3 Clasificación del estado técnico.....	36
4 Componentes funcionales.....	66
5 Significado de codificación.....	67
6 Codificación técnica de los equipos.....	68
7 Ficha técnica del motor de combustión interna.....	69
8 Ficha técnica de la caja de velocidades.....	70
9 Ficha técnica de la bomba quintuplex National Oilwell.....	71
10 Ficha técnica del separador horizontal.....	72
11 Ficha técnica del separador vertical.....	73
12 Ficha de ubicación técnica del tablero de control.....	74
13 Ficha de estado técnico motor de combustión interna.....	75
14 Ficha de estado técnico caja de velocidades.....	76
15 Ficha de estado técnico bomba quintuplex National Oilwell.....	77
16 Ficha de estado técnico tablero de control.....	78
17 Ficha de estado técnico separador horizontal.....	79
18 Ficha de estado técnico separador vertical.....	80
19 Matriz de criticidad.....	83
20 Criterios de análisis de criticidad.....	84
21 Cuadro de análisis de resultados.....	87
22 Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de lubricación de la bomba quintuplex National Oilwell.....	88
23 Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de transmisión mecánica de la bomba quintuplex National Oilwell.....	89
24 Análisis de modos y efectos de fallos del cuerpo estructural de la bomba quintuplex National Oilwell.....	91
25 Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de admisión de la bomba quintuplex National Oilwell.....	92
26 Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de descarga de la bomba quintuplex National Oilwell.....	94
27 Análisis de modos y efectos de fallos de la caja de velocidades Eaton Fuller.....	96
28 Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de combustible del motor de combustión interna Caterpillar 3406C.....	98
29 Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de lubricación del motor de combustión interna Caterpillar 3406C.....	100
30 Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de admisión de aire del motor de combustión interna Caterpillar 3406C.....	102
31 Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de enfriamiento del motor de combustión interna Caterpillar 3406C.....	104
32 Análisis de modos y efectos de fallos del sistema eléctrico del motor de combustión interna Caterpillar 3406C.....	106
33 Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de escape del motor de combustión interna Caterpillar 3406C.....	108
34 Análisis de modos y efectos de fallos del separador horizontal.....	109
35 Análisis de modos y efectos de fallos del separador vertical.....	110

36	Plan de mantenimiento del sistema de lubricación de la bomba quintuplex National Oilwell.....	112
37	Plan de mantenimiento de transmisión mecánica de la bomba quintuplex National Oilwell.....	113
38	Plan de mantenimiento del cuerpo estructural de la bomba quintuplex National Oilwell.....	115
39	Plan de mantenimiento del sistema de admisión de la bomba quintuplex National Oilwell.....	116
40	Plan de mantenimiento del sistema de descarga de la bomba quintuplex National Oilwell.....	117
41	Plan de mantenimiento de la caja de velocidades Eaton Fuller.....	118
42	Plan de mantenimiento del sistema de combustible del motor de combustión interna Caterpillar 3406C.....	120
43	Plan de mantenimiento del sistema de lubricación del motor de combustión interna Caterpillar 3406C.....	122
44	Plan de mantenimiento del sistema de admisión de aire del motor de combustión interna Caterpillar 3406C.....	124
45	Plan de mantenimiento del sistema de enfriamiento del motor de combustión interna Caterpillar 3406C.....	126
46	Plan de mantenimiento del sistema eléctrico del motor de combustión interna Caterpillar 3406C.....	127
47	Plan de mantenimiento del sistema de escape del motor de combustión interna Caterpillar 3406C.....	128
48	Inspección y limpieza general de la bomba.....	129
49	Revisión de sellos de impulsión hidráulica.....	130
50	Limpieza filtro de succión del lubricante del sistema de impulsión.....	131
51	Cambio de aceite y filtro.....	132
52	Cambio de empaquetaduras del fluid end.....	133
53	Revisar asientos, canastillas y válvulas.....	134
54	Remplazar sellos de brida de descarga y sellos del múltiple de succión.....	135
55	Reemplace émbolos gastados y cojinetes del prensaestopas.....	136
56	Solicitud de trabajo de mantenimiento.....	137
57	Orden de trabajo.....	138
58	Solicitud de materiales, herramientas y repuestos.....	139
59	Control de horas trabajadas.....	139
60	Solicitud de compras de equipo, materiales y ventas.....	140
61	Referencia del historial de mantenimiento.....	140
62	Historial de mantenimiento.....	141
63	Comparativo de software por funciones.....	150
64	Requerimientos de la empresa.....	151
65	Comparación de requerimientos.....	152
66	Comparación de requerimientos con los software.....	154
67	Comparación de requerimiento.....	155
68	Análisis de precios.....	156

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Norma OHSAS 18001.....	4
2 Norma ISO 14001.....	5
3 Norma ISO 9001.....	5
4 Sistema general del bombeo hidráulico.....	9
5 Unidad de potencia.....	15
6 Construcción del skid.....	18
7 Montaje de separadores.....	19
8 Separadores terminados.....	19
9 Esquema tipos de mantenimiento.....	26
10 Estructura de codificación.....	34
11 Organigrama de posición de la empresa.....	49
12 Organigrama estructural de la empresa.....	50
13 Organigrama funcional de empresa.....	51
14 Departamento de Mantenimiento.....	53
15 Organigrama del Departamento de Mantenimiento.....	54
16 Jerarquización del sistema.....	58
17 Diagrama de proceso.....	60
18 Pulsador de paro.....	60
19 Válvula de alivio de sobrepresión.....	61
20 Válvula de seguridad.....	61
21 Válvula estranguladora.....	62
22 Válvula de seguridad para recipientes.....	62
23 Diagrama (EPS) bombeo hidráulico.....	63
24 Diagrama (EPS) equipo de superficie.....	64
25 Análisis de restricciones.....	81
26 Flujograma de criticidad.....	86
27 Cobertura gestión SisMAC.....	144
28 Cobertura gestión SGMPro.....	146
29 Cobertura gestión MP2.....	148
30 Comparación de requerimientos.....	152
31 Comparación de requerimientos.....	155
32 Simbología de flujograma.....	157
33 Flujograma de manipulación.....	158
34 Inicio del programa.....	159
35 Página ingreso.....	160
36 Página de inicio.....	160
37 Contraseña inicio de sesión.....	161
38 Menú principal.....	161
39 Ubicación técnica.....	162
40 Gestión de equipos.....	163
41 Gestión de componentes.....	164

42	Gestión de estrategias.....	165
43	Gestión de técnicos.....	165
44	Gestión de repuestos.....	166
45	Reporte de fallas.....	168

LISTA DE ABREVIACIONES

ISO	International Organization for standardization (Organización Internacional de Normalización).
TOC	Teoría de Restricciones (Theory of Constraints).
RCM	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.
AMEF	Análisis de Modos y Efectos de Fallos.
MTBF	Tiempo Medio entre Fallas (Mean Time Between Failures).
MTTF	Tiempo Medio para la Falla (Mean Time to Fail).
MTTR	Tiempo Medio para Reparar (Mean Time to Repair).
GMAC	Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora.
SGMPro	Sistema de Gestión de Mantenimiento Programado.
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Automotrices.

LISTA DE ANEXOS

- A** Diagrama de evaluación de tareas.
- B** Generación del plan de actividades.
- C** Manual del usuario software SGMPPro.

RESUMEN

En el presente estudio se realizó, la Planificación e Implementación del Mantenimiento del Equipo de Superficie para Bombeo Hidráulico en la Empresa MKPSERVIC Servicios Petroleros Cía. Ltda. de la ciudad de Francisco de Orellana, con la finalidad de establecer una guía práctica para mejorar las condiciones de funcionamiento de los equipos, y prevenir las diferentes fallas y paros imprevistos que ocurran.

La información inicial partió de la toma de datos de parámetros de funcionamiento de cada uno de los equipos, e información impartida por operarios y personal de mantenimiento, que ayudó a realizar el análisis de la situación actual de mantenimiento.

Para la implementación de la gestión de mantenimiento previamente, se realizó el inventario, codificación y documentación técnica de cada uno de los equipos, mismos que son el fundamento para el desarrollo de análisis de modos y efectos de fallos, restricciones y criticidad. Con ello se estableció el banco de tareas con sus respectivas frecuencias logrando facilitar procedimientos de trabajo para los técnicos encargados del mantenimiento. Se seleccionó e implantó el software de mantenimiento SGMPro con el propósito de llevar adecuadamente la información requerida para cada uno de los equipos del proceso productivo.

Con este análisis realizado se determinó que los cinco equipos son críticos debido al régimen de trabajo y características técnicas propias del sistema de producción y que también trabaja bajo un sistema de diseño en serie, que servirán como referencia para las 15 unidades que posee la empresa.

Con la aplicación del plan y la sistematización del mantenimiento indicado en la presente investigación se logrará cambiar una cultura correctiva por una preventiva planificada, lo cual conlleva a disminuir costos de mantenimiento, aumentar la vida útil de los equipos y disponibilidad; así como también, garantiza la seguridad operacional del personal, los equipos y el medio ambiente.

ABSTRACT

In the present study the planning and implementation of the Surface Equipment for Hydraulic Pump in MKPSERVIC Oil Services Cia. Ltda. in Francisco de Orellana city was performed, in order to establish a practical guide to improve the operating conditions of equipment, and prevent various failures and unplanned shutdowns to occur.

The initial information came from data collection of operational parameters of each equipment, and information provided by operators and maintenance personnel, who helped to conduct the analysis of the current situation of maintenance.

For the implementation of maintenance management inventory, coding and technical documentation for each equipment was previously performed, which are the foundation for the development of analysis failure modes and effects, and a criticality constraint was performed. This bank of tasks and their respective frequencies facilitate achieving work procedures for the service engineer was established. It was selected and implanted SGMPro maintenance software in order to properly carry the information required for each equipment in the production process.

With this analysis it was determined that the five machines are critical due to work scheme and technical characteristics of the production system and also works under a system of serial design, which will serve as reference for the 15 units owned by the company.

With the implementation of the plan and systematization of maintenance indicated in this investigation corrective change is achieved by a planned preventative culture, which leads to lower maintenance costs, increase the life of equipment and availability as well as security guarantees operational personnel, equipment and the environment.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La empresa MKPSERVIC Servicios Petroleros Cía. Ltda. ubicada en el km 10 vía Coca-Lago Agrio, margen izquierdo, barrio San Bartolo de la ciudad de Francisco de Orellana, nace en el 2007 con una visión de futuro y crecimiento constante, como iniciativa de una familia emprendedora que busca espacios dentro de la actividad hidrocarburífera, con presencia nacional, respaldada de una sólida formación profesional, experiencia, creatividad, grandes retos y profundos valores personales y corporativos.

En los últimos tiempos la empresa se ha encargado de cubrir las necesidades que requieren las grandes industrias hidrocarburíferas, mediante el cumplimiento de políticas de; calidad, seguridad, y protección del medio ambiente, para ello disponen de máquinas y equipos con tecnología de punta los mismos que se encuentran operando en campos como: Auca, Guanta, Parahuacu, Yulebra, entre otros, de tal forma que por su correcto y constante trabajo generan un alto índice producción para la empresa.

Actualmente la empresa cuenta con 40 trabajadores los mismos que realizan funciones administrativas y operativas, dispone de un departamento de mantenimiento conformado por su respectivo personal técnico que se encarga del correcto funcionamiento de estos equipos.

La carencia de una planificación y programación del mantenimiento en estos equipos ha ocasionado la falta de disponibilidad de los mismos, generando como consecuencia pérdidas de producción debido a los diferentes fallos que han producido paros totales y parciales en los equipos con la consecuente elevación de costos tanto operativos como de mantenimiento, además el estado de los equipos que no han sido inspeccionados provoca alta inseguridad operacional de los procesos de producción con lo que se puede

generar también un gran daño ambiental, constituyéndose en un grave problema para la administración de la empresa. Esta situación y con las nuevas exigencias de la industria petrolera hacen necesario un incremento constante de los servicios que presta la empresa y uno de los principales pilares que permitirán ser competitivos es la optimización del plan de mantenimiento el mismo que permitirá, planificar, programar y controlar las tareas de mantenimiento preventivo a los equipos a fin de cumplir su funcionalidad con eficiencia y eficacia en los trabajos programados, mayor disponibilidad de los mismos y bajos costos operativos y de mantenimiento, aumentando de tal manera la producción y utilidades en la empresa.

1.2 Administración política de la empresa

La empresa establece políticas administrativas, valores corporativos y personales, base legal, haciendo de ella una organización con excelente prestigio en el mercado, y que de esta manera los servicios que presta se lo realicen con eficiencia y calidad.

Visión

Nuestra perspectiva es consolidar a MKPSERVIC como una empresa de reconocido prestigio nacional por su excelencia operativa, transparencia, y calidad en la prestación de servicios con responsabilidad y eficiencia, comprometidos con los requerimientos y exigencias de las compañías operadoras asentadas en el Ecuador.

Misión

Somos una empresa de servicios con capacidad de proveer la prestación de alquiler de unidades de bombeo, Triplex y/o Quintuplex de superficie para evaluación, producción de pozos petroleros y procesos de bombeo de fluidos facilitando la operación de las diferentes operadoras en los distintos bloques del territorio nacional, satisfaciendo con calidad las necesidades de nuestros clientes, preservando estándares de seguridad, calidad, salud y medio ambiente.

Valores corporativos

- Lealtad (Actuamos con fidelidad, reciprocidad y confidencialidad, cumpliendo acabadidad los principios y políticas internas así como la de nuestros clientes).
- Respeto (Cumplimos con las normas y políticas de convivencia con el entorno social, empresarial y ambiental dentro del marco legal).
- Compromiso (Asumimos con responsabilidad las exigencias de nuestros clientes).
- Determinación (Trabajamos enfocados en el éxito personal y empresarial).
- Profesionalismo (Demostramos, aplicamos y trasmitimos los conocimientos de nuestro personal con excelencia y actitud).
- Innovación (Aportamos con ideas y buenas prácticas profesionales, que permitan generar valor agregado a las expectativas propuestas por nuestros clientes).
- Honestidad (Somos confiables, sinceros y coherentes respecto a los principios de justicia y verdad).
- Limpieza y orden (Fundamentados en procedimientos internos de seguridad).
- Puntualidad (Cumplimos con los tiempos y exigencias propuestas por nuestros clientes con eficiencia, puntualidad y responsabilidad).

Políticas de la empresa

- Planificar y desarrollar nuestras actividades haciendo uso de los recursos y preservando el ambiente, la salud, y seguridad para nuestros clientes, empleados, contratistas y la comunidad.
- Identificar y definir las necesidades del cliente para satisfacer sus expectativas.
- Prevenir la ocurrencia de lesiones y enfermedades de origen laboral que afecten a nuestros trabajadores y partes interesadas.
- Prevenir la contaminación reduciendo la generación de residuos, reciclándolos o disponiéndolos adecuadamente.
- Cumplir con la legislación aplicable, regulaciones y compromisos voluntarios, suscritos por la empresa.
- Asegurar el mantenimiento adecuado de bienes y equipos a efectos de proveer servicios de calidad.
- Brindar capacitación al personal para asegurar su competencia.

- Privilegiar el uso de las mejores prácticas ambientales y de seguridad con las tecnologías disponibles, asociadas a la prestación del servicio.
- Promover el proceso de mejora continua en todas nuestras actividades mediante el uso de sistema de gestión desarrollado para tal fin.

El cumplimiento exitoso de esta política, implica el aporte de todos los empleados, siendo la gerencia responsable por su divulgación y promoción.

Base legal

La empresa está acreditada de acuerdo con las políticas de calidad, seguridad industrial, salud y control ambiental, establecidas mediante las siguientes certificaciones:

- **CERTIFICACIÓN OHSAS 18001:2007.** La norma OHSAS 18001 (Evaluación de Higiene y Seguridad Ocupacional) es un estándar internacional el cual define los requisitos relacionados a los sistemas de higiene y seguridad lo cual le permite a una organización controlar sus riesgos y mejorar el desempeño.

Figura 1. Norma OHSAS 18001



Fuente: <http://www.mkpservic.net/empresa-servicios-pozos-petroleros-oil-reservorios-perforacion-maquinaria-ecuador.php?tablajb=empresa&p=22&t=Certificaciones&>

- **CERTIFICACIÓN: ISO 14001:2004.** Es una norma internacionalmente aceptada que expresa cómo establecer un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) efectivo. La norma está diseñada para conseguir un equilibrio entre el mantenimiento de la rentabilidad y la reducción de los impactos en el ambiente y, con el apoyo de las organizaciones, es posible alcanzar ambos objetivos.

Figura 2. Norma ISO 14001



Fuente: <http://www.mkpservic.net/empresa-servicios-pozos-petroleros-oil-reservorios-perforacion-maquinaria-ecuador.php?tablajb=empresa&p=22&t=Certificaciones&>

- **CERTIFICACIÓN:** ISO 9001:2008. Especifica los requisitos para un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) que pueden utilizarse para su aplicación interna por las organizaciones, sin importar si el producto o servicio lo brinda una organización pública o empresa privada, cualquiera sea su tamaño, para su certificación o con fines contractuales.

Figura 3. Norma ISO 9001



Fuente: <http://www.mkpservic.net/empresa-servicios-pozos-petroleros-oil-reservorios-perforacion-maquinaria-ecuador.php?tablajb=empresa&p=22&t=Certificaciones&>

1.3 Servicios que ofrece la empresa

1.3.1 Bombeo hidráulico. El bombeo hidráulico, es un mecanismo de producción de pozos petroleros, que actúa mediante la transferencia de potencia a una bomba de subsuelo con un fluido presurizado que es bombeado a través de la tubería de producción.

La bomba de subsuelo actúa como un transformador convirtiendo la energía del fluido motriz en energía potencial o presión sobre los fluidos producidos.

Ofrece bombas de alta presión para realizar bombeos power oil cumpliendo con los estándares nacionales e internacionales de seguridad tomando muy seriamente y corrigiendo el impacto ambiental dando un servicio de excelente calidad.

1.3.2 *Bombeo y pruebas a ratas múltiples.* Con la finalidad de dar servicios de calidad contamos con equipos de alto caudal y presión para bombear y monitorear la capacidad de admisión de pozos reinyectores de agua de formación a nivel de todo el sector petrolero cumpliendo con todas las exigencias de nuestros clientes.

1.3.3 *Bombeo de solventes y estimulaciones.* Comprometidos siempre con la satisfacción del cliente contamos con personal capacitado en el bombeo de solventes y estimulaciones con el fin de mejorar la producción de las zonas productoras y equipos de fondo siempre con el compromiso de cumplir los estándares exigidos para manipulación de químicos y solventes, trabajos realizados para limpiezas de zonas productoras, líneas en superficie, limpieza de bombas para evitar atascamientos.

1.3.4 *Bombeos de reinyección de agua.* Pensando en las necesidades de la industria petrolera y de nuestros clientes equipos de bombeo de alto caudal y presión para realizar bombeo de reinyecciones de agua de formación con la capacidad de inyectar hasta 15000 barriles/día; cumpliendo a cabalidad con parámetros de operación y estándares de seguridad y medio ambiente de nuestros clientes y normativas vigentes.

1.4 Justificación

El presente trabajo planteado es una propuesta de planificación e implementación del mantenimiento del equipo de superficie para bombeo hidráulico en la empresa MKPSERVIC Servicios Petroleros Cía. Ltda. Dicha empresa se dedica a la prestación de servicios con máquinas y equipos con alto grado de criticidad para la producción de petróleo.

Por tal motivo al no contar con una planificación adecuada de mantenimiento estas máquinas y equipos han presentado imprevistos con mucha frecuencia que retrasan los trabajos generando grandes pérdidas para la empresa.

Por ello el ingeniero de mantenimiento tiene la capacidad de resolver los problemas relacionados con la Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad de la maquinaria, equipos y sistemas para una productividad sostenida para el desarrollo del Ecuador y cualquier país.

Al bosquejar un plan de mantenimiento como alternativa para resolver problemas, y que esté a cargo de manos especializadas los beneficios serían directos para la empresa ya que el planificar e implementar planes de mantenimiento preventivo, con técnicas, procedimientos y herramienta preventiva como software se reducirá: los paros imprevistos, fallos, averías y gran número de tareas de mantenimiento, así mismo como mantenimiento correctivo, con el propósito de que las máquinas mejoren el rendimiento, la producción y se eleve las utilidades para la empresa. Además se logrará mejorar la ejecución de las tareas con mayor facilidad y precisión lo que significará ahorro económico y la disminución de las pérdidas que afectan la producción de la empresa.

1.5 Objetivos

1.5.1 *Objetivo general.* Planificar e implementar el mantenimiento del equipo de superficie para bombeo hidráulico en la empresa MKPSERVIC Servicios Petroleros Cía. Ltda. de la ciudad de Francisco de Orellana.

1.5.2 *Objetivos específicos:*

Determinar la situación actual del mantenimiento en la empresa.

Planificar las estrategias de mantenimiento que requiere el equipo de superficie para bombeo hidráulico.

Implementar un software de mantenimiento óptimo, de acuerdo con los parámetros y requerimientos técnicos del equipo para la empresa.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Bombeo hidráulico

2.1.1 Generalidades del bombeo hidráulico. Dentro del campo petrolero luego de haber realizado la perforación, el pozo está en condiciones de producir, por lo que puede ser puesto en funcionamiento ya sea por surgencia natural o levantamiento artificial, el uso de estos métodos va a depender de varias circunstancias como la profundidad del yacimiento, su presión, la permeabilidad, entre otros.

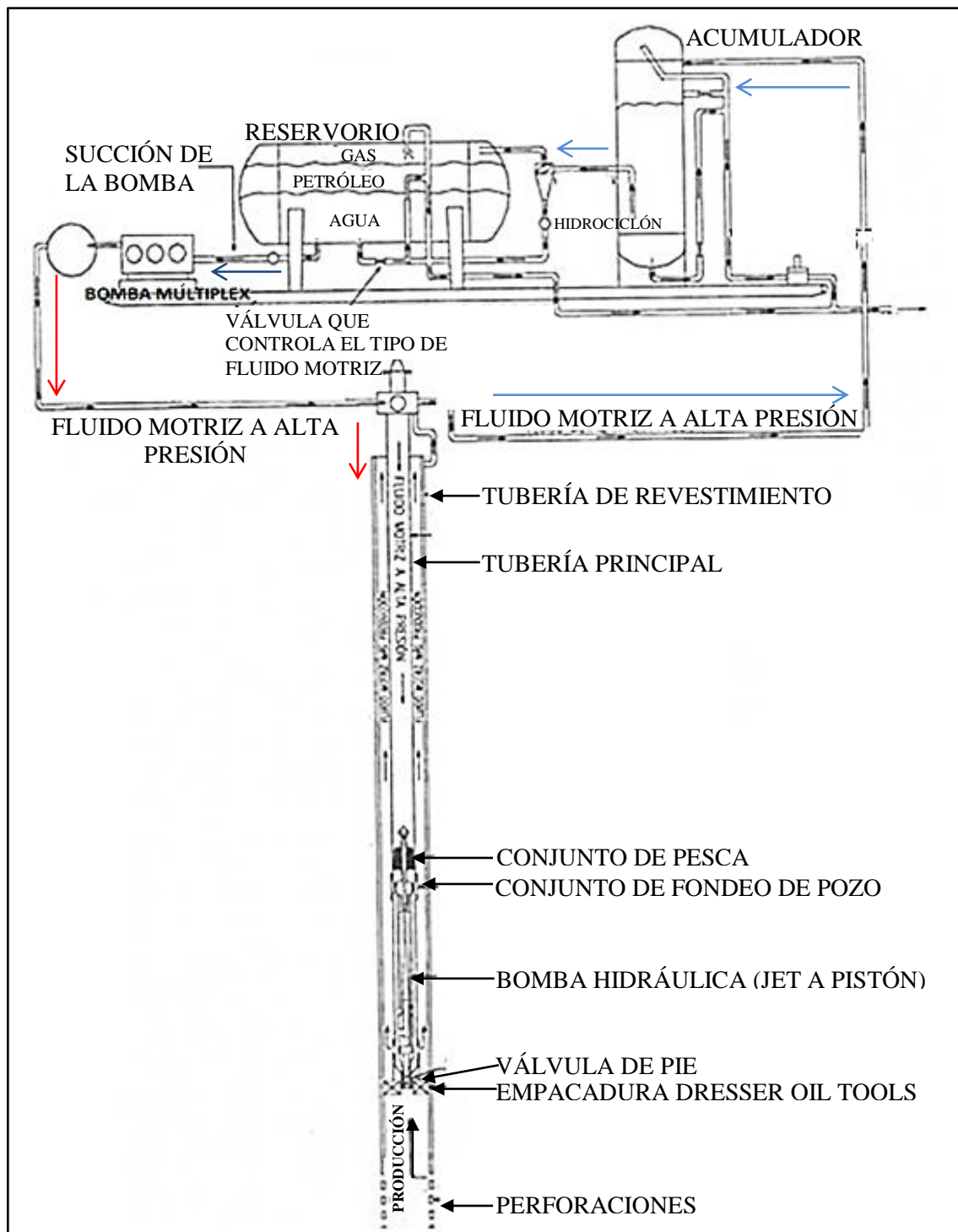
Es decir si existe presión suficiente el pozo resultará surgente, produce sin necesidad de ayuda, pero cuando hablamos de explotación y producción de pozos de presión deficiente y que se encuentran a profundidades mayores de 8.000 pies, son pozos difíciles de producir por los métodos de levantamiento artificial convencionales, ya que hacen que no trabaje de manera óptima, lo que conlleva a pérdidas de eficiencia en el sistema. Por lo que para la producción de este tipo de pozos existe un método de levantamiento que ha trabajado desde hace mucho tiempo atrás en el oriente ecuatoriano de una manera aceptable, como es el “método de bombeo hidráulico” realizando su trabajo de producción en pozos hasta 18.000 pies de profundidad.

En el libro de Introducción a los Sistemas de Bombeo Hidráulico de la empresa Dresser menciona que básicamente el método de bombeo hidráulico fue utilizado en Egipto y descubierto por Drake en Pensilvania”. El bombeo hidráulico es tan antiguo que se empezó para bombear agua, forma parte de un método de bombeo para extraer fluido desde el subsuelo hacia la superficie.

El principio básico del bombeo hidráulico fue utilizado por primera vez para producir petróleo en el año 1875 por un señor de apellido Faucett. La bomba Faucett es accionado por vapor de agua, y requería un pozo de gran diámetro para operarlo, debido a estas exigencias no encontró aplicaciones comerciales en el campo petrolero.

Por lo que la primera instalación hidráulica en serio se dio el 10 de marzo de 1932 en Inglewood, California, fue un experimento del señor C.J. Coberly. A este método se complementa un principio fundamental, enunciado por Blas Pascal en el año de 1653 denominado “Ley de Pascal” (DRESSER, 2003).

Figura 4. Sistema general del bombeo hidráulico



Fuente: Dresser. Introducción a los Sistema de Bombeo Hidráulico

El método bombeo hidráulico es utilizado hace algunos años atrás por empresas hidrocarburíferas para la extracción de petróleo en el Ecuador, por lo que estas han visto viable el uso de este método, ya que realiza su trabajo o cumple su función en base a la ley de Pascal la misma que explica que la presión ejercida sobre cualquier punto de un líquido es transmitida con la misma intensidad en todas las direcciones. Este principio es aplicable a las bombas hidráulicas transmitiendo presión desde un yacimiento centralizado en la superficie, mediante tubería llena de fluido, hacia cualquier número de puntos dentro de un pozo petrolero.

2.1.2 Bombeo hidráulico. Una bomba hidráulica es un dispositivo tal, que recibiendo energía mecánica de una fuente exterior, la transforma en una energía de presión transmisible de un lugar a otro de un sistema hidráulico a través de un líquido cuyas moléculas estén sometidas precisamente a esa presión.

En general, una bomba es utilizada para incrementar la energía del fluido, produciendo de tal manera el aumento de su presión, su velocidad o su altura, haciendo que éste se traslade de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

Además el bombeo hidráulico realiza un proceso de filtrado con el objetivo, que durante el principio de funcionamiento los sólidos que fluyen no afecten al equipo. Ejerciendo una presión mediante un pistón, que se encarga de bombear sustancia a la superficie en iguales direcciones (MADRIGAL, 2012).

2.1.3 Funcionamiento del bombeo hidráulico. En el sistema de bombeo hidráulico el crudo (o agua) se toma del tanque de almacenamiento y se alimenta a la bomba triplex/multiplex. El fluido de potencia, ahora con la presión aumentada por la bomba triplex, está controlada por las válvulas en la estación de control y distribuida en uno o más pozos. El fluido de potencia pasa a través de las válvulas del cabezal del pozo y es dirigido a la bomba hoyo abajo. En una instalación de bomba de pistón, este fluido de potencia acciona el motor que a su vez acciona la bomba. El fluido de potencia regresa a la superficie con el crudo producido y es enviado por tubería al tanque de almacenamiento. Todos los sistemas de bombeo hidráulico incorporan los segmentos funcionales siguientes:

- Almacenamiento del fluido de potencia. El sistema de tanque depurador, donde el crudo de potencia mezcla y la producción regresan del (los) pozo(s) con el crudo que la bomba triplex toma de la parte superior del tanque.
- Máquina motriz. Motor eléctrico, de gas o diesel.
- Bomba superficial. Bombas triplex/multiplex de alta presión están diseñadas especialmente para este fin.
- Estación de control. El fluido de potencia se puede dirigir a un múltiple de distribución a cualquier distancia de la planta y de allí se puede controlar la velocidad de la bomba de cada pozo de entre muchos.
- Cabezal del pozo. La ausencia del equipo móvil permite muchas disposiciones de cabezales de pozo; arriba o abajo del suelo, arriba o abajo del agua.
- Configuraciones subterráneas. Una variedad de sistemas hoyo abajo se pueden utilizar. Dos tipos básicos son el de "tubería de revestimiento libre" y el "libre paralelo".
- Bomba hoyo abajo o bomba libre. El principio de operación del diseño de una bomba de pistón hoyo abajo es extremadamente simple. En motores accionados por el fluido de potencia controlado por la válvula del motor. El pistón del motor lleva una varilla (que acciona hidráulicamente la válvula) que conecta al pistón de la bomba. El diseño Kobe utiliza varillas y pistones que son huecos de modo que la misma presión del fluido de potencia se ejerce en las mismas áreas superior e inferior, de modo que el conjunto está siempre en equilibrio hidráulico total. (WEATHERFORD, 2005).

2.1.4 *Ventajas y desventajas del bombeo hidráulico*

2.1.4.1 *Ventajas del bombeo hidráulico*

- Pueden ser usados en pozos profundos (+/- 18000 pies).
- No requieren taladro para remover el equipo de subsuelo.
- Puede ser utilizado en pozos desviados, direccionales y sitios inaccesibles.
- Varios pozos pueden ser controlados y operados desde una instalación central de control.
- Puede manejar bajas concentraciones de arena.

- Mide la cantidad de gas.
- Mide la cantidad de fluido.
- Se puede desplazar la producción hasta la estación si es necesario con presión de separador 250 psi máximo.
- Fluido motriz es limpio no daña la formación.
- Es una unidad compacta ideal en locaciones pequeñas.
- Esta fuera de riesgos o incendios.
- Panel de control incorporado, control de paro por alta y baja presión.
- La separación de fluido (petróleo, agua, gas) es óptima.
- Este sistema de pruebas se ha usado en Ecuador por 32 años.

2.1.4.2 Desventajas del bombeo hidráulico

- Costo inicial alto.
- Las instalaciones de superficie presentan mayor riesgo, por la presencia de altas presiones.
- Altos costos en la reparación del equipo.
- No es recomendable en pozos de alto RGP.
- Problemas de corrosión.
- El diseño es complejo.

Teóricamente el bombeo hidráulico aparece como la solución a todo tipo de producción artificial de pozos petroleros. Sin embargo, factores prácticos, como contaminantes en el aceite, arena, agua y sólidos en suspensión, deposición de parafinas en las tuberías y en general el excesivo costo de tratamiento particularmente lo hacen que su atractivo sea menor (MADRIGAL, 2012).

2.1.5 Equipo de superficie. Un equipo de bombeo es un transformador de energía. Recibe energía mecánica, que puede proceder de un motor eléctrico, térmico, entre otros; y la convierte en energía que un fluido adquiere en forma de presión, de posición o de velocidad (VIEJO, y otros, 2004).

Cuando la energía disponible de un pozo no es suficiente para elevar el petróleo hasta la superficie es necesario utilizar un sistema de levantamiento artificial de explotación, el cual proporciona energía adicional requerida para continuar la explotación corriente del pozo. Es decir que para la explotación por bombeo hidráulico es necesaria la utilización de un equipo de superficie, mismo que levantan los fluidos del pozo hasta la superficie.

Está diseñada para operación continua y funcionará en forma satisfactoria cuando esté correctamente instalada, calibrada y mantenida. Se requerirán inspecciones y reparaciones periódicas (DRESSER, 2003).

Principales componentes del equipo de superficie

- A. Válvula de succión en nivel alto para la bomba multiplex.
- B. Válvula de succión en nivel bajo para la bomba multiplex.
- C. Válvula de salida en nivel alto para el recipiente de acondicionamiento.
- D. Válvula de salida en nivel bajo para el recipiente de acondicionamiento.
- E. Filtro de arena ciclónico.
- F. Válvula de alivio para la seguridad del recipiente de acondicionamiento.
- G. Válvula de alivio para la seguridad de la bomba multiplex.
- H. Tablero de controles.
- I. Válvula de alivio de sobrepresión por oleajes del pozo.
- J. Válvula de alivio para la seguridad del recipiente acumulador y protector contra oleajes.
- K. Válvula de control para desvío manual del fluido motriz.
- L. Válvula manual.
- M. Válvula manual.
- N. Válvula manual para la entrada al filtro de arena.
- O. Válvula manual para la salida al filtro de arena.
- P. Válvula manual para el flujo inferior.
- Q. Mirilla para control visual del flujo inferior del filtro de arena.
- R. Válvula manual para el drenaje del recipiente de acondicionamiento.
- S. Recipiente de acondicionamiento.
- T. Recipiente acumulador y protector contra oleajes.
- U. Manómetro de presión para el recipiente acumulador y protector contra oleajes.

- V. Manómetro de presión para el recipiente de acondicionamiento.
- W. Bomba (multiplex) del fluido motriz.
- X. Motor eléctrico, a diésel, o a gas.
- Y. Bomba inyectora de químicos.
- Z. Amortiguador de pulsaciones en la descarga de la bomba multiplex (DRESSER, 2003).

2.1.5.1 Componentes básicos de un equipo de superficie. Los componentes básicos de un equipo de superficie son: un separador líquido/gas (acumulador) horizontal con su respectivo estampe ASME, con capacidad de 40 barriles en normas ASME 150 y ANSI 300 y acumulador vertical, para mayores desplazamientos de fluido. Un set de ciclones modelo 243 FT 4" para separar los sólidos del fluido motriz líquido/gas.

Bomba Quintuplex National Oilwell modelo OHI-300, pistones de 1-7/8" de diámetro, carrea de 5", con una capacidad de bombeo hasta 3500 bls/día con eficiencia volumétrica de 95%.

Un motor Caterpillar modelo 3406C, posee 6 cilindros en línea, con una potencia de 361 HP a 1800 rpm para generar movimiento a una transmisión Eaton Fuller y consecuentemente a la bomba de desplazamiento positivo. Controlado mediante un panel de control Murphy Matic diseñado para la protección del motor y bomba permitiendo fijar en forma constante y continua los parámetros operativos durante la operación. En forma adicional al equipo de superficie se anexa medidores de flujo y caudal, válvulas de seguridad, tuberías de alta presión, mangueras de 4" pulgadas, conexiones y accesorios, entre otros.

2.1.5.2 Descripción de los componentes del equipo de superficie. Una vez detallado los principales componentes del equipo de superficie se procederá a detallar la función de cada uno de ellos de acuerdo con la unidad o sistema al que pertenece.

En el Manual del Departamento de Producción de la empresa MKPSERVIC menciona que se tienen los siguientes sistemas o unidades:

- A. Unidad de potencia.** También conocido como motor-bomba está conformada por la bomba de desplazamiento positivo triplex/quintuplex de alta presión con su

respectivo motor de combustión interna que alimenta movimiento a la transmisión. Son diseñados especialmente para operar con el flujo de potencia seleccionado.

Figura 5. Unidad de potencia



Fuente: Autor

Bombas quintuplex. Las bombas quintuplex son las máquinas de desplazamiento positivo que, a una velocidad constante entregan esencialmente la misma capacidad a cualquier presión dentro de la capacidad del impulsor y la resistencia mecánica de la bomba. La alta eficiencia propia de estas bombas es casi independiente de la presión y la capacidad, y solo es un poco más baja en una bomba pequeña que en una grande.

En forma general la bomba de desplazamiento positivo tiene como función aumentar una baja presión (40 psi) a una presión del fluido (3800 psi).

El fluido es alimentado desde el separador horizontal donde al pasar por la bomba booster disminuye la presión (baja presión), y es succionado hasta el power end el mismo que por medio de sus mecanismos de funcionamiento pasa al fluid end donde es aumentada la presión de fluido.

Motor de combustión interna. El motor a diesel impulsa a la bomba quintuplex. Siendo el encargado de suministrar la energía necesaria a la unidad de bombeo para levantar fluidos del pozo.

La potencia del motor dependerá de varios factores, profundidad de la bomba, nivel de fluido, de la velocidad de bombeo y de más características propias del pozo.

Se utiliza el motor diesel por diferentes razones, una de las más relevantes se acomoda a las condiciones de trabajo y se acopla por las características del equipo, así como también por ser de fácil trasportación a donde está ubicado el pozo a emplearse el levantamiento artificial.

Adjunto a estas condiciones se tiene en cuenta que las zonas petroleras del oriente no facilitan las comodidades para utilizar un motor eléctrico por no disponer de red energía eléctrica.

Caja de velocidades. La función de esta caja de velocidades es la de disminuir o aumentar la velocidad y permitir el eficiente funcionamiento de las máquinas, agregándole o disminuyéndole por otro lado potencia y fuerza. Está constituida de un sistema de engranajes que permiten que los motores funcionen a diferentes velocidades para los que fueron diseñados. Se debe tener en cuenta que este tipo de transmisión es utilizada para trabajos de servicio pesado ya que recibe potencias elevadas por parte del motor haciendo que este tenga la particularidad de aumentar o disminuir la velocidad del proceso. Por lo que utiliza aire presurizado para poder aplicar el cambio de marchas respectivo.

Bomba de succión booster. Es la encargada de suministrar el fluido de baja presión hacia la bomba triplex. El fluido puede ser agua o petróleo. El movimiento del impulsor de la bomba centrífuga se lo realiza por medio de una banda que se acopla a la polea del motor diesel.

B. Unidad de control. Los múltiples de control de potencia siempre deben situarse en una distancia prudencial desde los motores y tratadores, sin embargo es deseable ubicar los múltiples de tal modo que el operador pueda revisar los motores, bombas multiplex, y pozos desde un pozo central.

Tablero de control. El tablero de control es del tipo común en las aplicaciones petroleras, un panel Murphy con indicadores y controles de límite para garantizar la

seguridad en el arranque, operación y apagado. El tablero de control se monta aparte de la unidad con patines para evitar que las vibraciones causen fallas en su funcionamiento.

Los controles de límite deben regularse, calibrarse y mantenerse con el fin de lograr una protección adecuada para el personal, equipos y bienes (DRESSER, 2003).

Válvula de control. Una válvula de control de presión constante regula la presión en el lado común del fluido de potencia del múltiple. Esta presión, generalmente, es mayor que la presión más alta requerida por cualquiera de los pozos. La válvula de control de flujo constante rige la cantidad de fluido de potencia que se necesita en cada pozo cuando se emplea una bomba reciprocante.

Hidrocyclones. Separa los sólidos (principalmente arena) del fluido motriz y evita el daño prematuro de la bomba de superficie y de subsuelo. El trabajo eficiente del hidrocyclon depende de un diseño adecuado que tenga en cuenta que el tamaño de los sólidos con respecto al tamaño del hidrocyclon del diferencial de presión a través de él, un diferencial de presión entre 40 y 50 psi es normalmente adecuado (SOCORRO, 2012).

C. Unidad de almacenamiento. Cuando se utiliza petróleo como fluido de potencia en un sistema abierto, dicho fluido se obtiene de tanques de almacenamiento o de oleoducto, de donde se suministran al sistema de bombeo o de distribución. Si se está en un sistema cerrado, el fluido de potencia, bien sea agua o petróleo es manejado en un circuito cerrado, el cual debe disponer de su propio tanque de almacenamiento y equipo de limpieza de sólidos, estos equipos operan independientemente de las operaciones en las estancaciones de producción.

Separador. Dichos equipos pueden ser bifásicos, si solo tienen que separar una fase gaseosa de una líquida, o trifásicos, si deben además de separar dos fases líquidas. Su configuración puede ser horizontal o vertical, dependiendo de los caudales de cada fase a procesar (SOCORRO, 2012).

a) *Separador horizontal acumulador.* El separador (acumulador) horizontal es un tanque de almacenamiento de fluido motriz trifásico, que se utiliza para alimentar

a la bomba quintuplex, este fluido puede ser agua o petróleo tratado. Tiene una capacidad de 40 bls pero al operar en un circuito cerrado existe una abundancia de fluido el cual es drenado a línea de producción, en el equipo de superficie se tiene que trabajar con el separador saturado para evitar que la bomba quintuplex quede sin fluido motriz.

- b) *Separador vertical.* El separador vertical para la preparación de los fluidos es un recipiente de almacenamiento de fluido de producción, el fluido que ingresa a este separador es un fluido no tratado. Tiene como función almacenar fluido y enviarlo a los hidrocyclones que se encargan de limpiar el fluido para luego transferir al separador horizontal. Se debe tener en cuenta que el fluido motriz debe estar sin sólidos en suspensión para evitar el deterioro de los plungers de la bomba y principales partes de la bomba jet situada en el subsuelo. Estos separadores son calibrados para un nivel de fluido de hasta 5” desde la parte superior del recipiente, este exceso se traslada a hacia la línea de flujo que son descargados en el tanque de almacenamiento.

Construcción. La empresa realiza el trabajo de construcción de estos separadores mediante planchas de acero naval de 12mm y de igual manera el skid de estos equipos, garantizada con una soldadura de acuerdo a la norma ASME.

Figura 6. Construcción del skid



Fuente: Autor

Figura 7. Montaje de separadores



Fuente: Autor

Figura 8. Separadores terminados



Fuente: Autor

Bota de gas. Esencialmente, la bota de gas es parte del tanque de petróleo motriz. Su propósito es proporcionar una última separación de gas y petróleo, para que el petróleo esté estable a presión atmosférica. Si el gas no se separa suficientemente del petróleo, el gas libre se arrastrará hasta el tanque de decantación y destruirá el proceso de asentamiento al revolver el fluido en dicho tanque (DRESSER, 2003).

Se debe disponer de un propio tanque de almacenamiento y equipo de limpieza de sólidos, ya que el fluido de potencia se maneja en un circuito cerrado, y operan

independientemente de las operaciones en las estaciones de producción. Para lo cual estos están diseñados con una capacidad de 500 Bls. certificados por VERYGLOBE Cía. Ltda. (MKPSERVIC , 2012).

2.2 Mantenimiento

A medida que se incrementa la tecnología en el mundo industrial, el mantenimiento se va desarrollando consecuentemente a la par, ya que estos son directamente proporcionales.

El mantenimiento tiene como propósito llevar el éxito de la empresa, atendiendo fundamentalmente en los activos para evitar de esta manera paros imprevistos, fallos, averías, y daños reduciendo con ello los costos de mantenimiento, así como también, generando altos índices de utilidad para la empresa. De esta manera el mantenimiento es:

Es el conjunto de actividades que se realizan a un sistema, equipo o componente para asegurar que continúe desempeñando las funciones deseadas dentro de un contexto operacional determinado.

El conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema y/o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorables de acuerdo a las normas de protección integral (Ingeniería Proyectos Mantenimiento, 2009).

Las acciones de mantenimiento se indican en la tabla 1.

2.2.1 Generalidades de mantenimiento. Durante los últimos veinte años, el mantenimiento ha cambiado y está respondiendo a las expectativas cambiantes. Éstas incluyen una creciente toma de conciencia para evaluar hasta qué punto las fallas en los equipos afectan a la seguridad y al medio ambiente, estos cambios están llevando al límite las actitudes y habilidades en todas las ramas de la industria. Frente a esta sucesión de grandes cambios, quieren evitar arranques fallidos y callejones sin salida que siempre acompaña a grandes cambios (GONZALEZ, 2005).

Tabla 1. Acciones de mantenimiento

Actividad	Descripción	Ejemplos
Reemplazar	Retirar un elemento y sustituirlo por otro nuevo o reconstruido de la misma marca y tipo	Reemplazar un rodamiento dañado
Reparar	Intervención manual realizada para restaurar un elemento y llevarlo a su apariencia original o estado original	Soldar, reconectar, rehacer
Modificar	Reemplazar, renovar o cambiar un ítem o una parte del mismo con otra de diferente tipo, marca, material o diseño	Instalar un filtro con orificios de menor diámetro, cambiar de bomba de lubricación con otra de diferente tipo, cambiar la configuración
Ajustar	Regresar adentro de los límites de tolerancia una condición que se encuentra fuera de tolerancia	Alinear, calibrar, dar balance
Componer	Actividad menor de reparación o servicio para hacer que un elemento regrese a su apariencia aceptable, interna o externa	Pulir, limpiar, pintar, lijar, recubrir, lubricar
Revisar	Investigar la causa de la falla pero sin realizar una acción de mantenimiento deferida. Puede regresar a estado deseado con acciones simples como volver a encender o resetear	Resetear, reencender, reacomodar
Dar servicio	Tareas periódicas de servicio, normalmente sin desmantelamiento del elemento	Limpieza, rellenar de aceite, ajustes y calibración
Probar	Pruebas periódicas de desempeño	Prueba de funcionamiento de detectores de gas
Inspeccionar	Inspecciones o revisiones periódicas, con cuidadoso escrutinio del elemento con o sin desmantelamiento	Inspeccionar estado de empaques, incluye tareas menores
Overhaul	Reparaciones mayores, reconstrucciones	Reconstrucción de un motor
Combinado	Varias de las actividades mencionadas son incluidas	

Fuente: Borrador de norma ISO/DIS 14224 pág. 158(revisión de la primera edición: ISO 14224:1999)

La evolución del mantenimiento se estructura en las cuatro siguientes generaciones:

Primera generación. Mantenimiento correctivo total. Refleja la necesidad de integrar los nuevos conceptos de mantenimiento y se espera a que se produzca la avería para reparar, se constituyó como una filosofía salvadora.

Segunda generación. En esta etapa comienza a tener gran fuerza la gestión de mantenimiento orientada a resultados, se empiezan a realizar tareas de mantenimiento para prevenir averías, se realizan trabajos cíclicos y repetitivos con una frecuencia determinada, surgiendo la especialización como objetivo minimizar tiempo y esfuerzo.

Tercera generación. Se implanta el mantenimiento a condición. Es decir, se profundiza en la idea de contratación externa como búsqueda de mejora de costo y de servicio. Se realizan monitorizaciones de parámetros en función a las actividades que desempeñan los empleados, se profundiza en dar participación a los empleados y trabajadores basándose en los trabajos propios de sustitución o reacondicionamiento de los elementos.

Cuarta generación. Se implantan sistemas de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo, de la organización y ejecución del mantenimiento. Se establecen los grupos de mejora y seguimiento de las acciones. Básicamente se identifican actividades encaminadas a la reingeniería técnica completa en los procesos. Las acciones de mantenimiento se indican en la tabla 2.

2.2.2 *Objetivos del mantenimiento.* Los objetivos de mantenimiento deben alinearse con los de la empresa y estos deben ser específicos y estar presentes en las acciones que realice el área.

Los objetivos pueden establecerse según los siguientes conceptos y constitución:

Máxima producción

- Mantener la capacidad de las instalaciones.
- Asegurar la máxima disponibilidad de las instalaciones.
- Reparar las averías con el mínimo tiempo y costo.

Tabla 2. Generaciones del mantenimiento-evolución

Evolución del mantenimiento		
Generación	Mantenimiento	Aplicación
Primera generación. Entre el año 0-1950	Corrección momentánea o definitiva. “CORRECTIVO”	Gestión del Mantenimiento hacia la máquina
Segunda generación. Entre el año 1950-1960	Preventivo, predictivo y modificativo. “PLANIFICADO”	Gestión de Mantenimiento hacia la Producción
Tercera generación. Entre el año 1960-1980. Integración Producción-Mantenimiento (cliente-ofertante)	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento productivo total (TPM) • Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) • Mantenimiento combinado (TPM, RCM) • Mantenimiento orientado hacia resultados (ROM) 	Gestión de mantenimiento hacia la productividad
Cuarta generación. Entre el año 1980-1999. Relaciona a mantenimiento con el mundo exterior a la empresa	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento centrado en las habilidades y competencias (CCM) • Mantenimiento Centrado en el cliente • Demandante y el servicio (DSM) • Mantenimiento proactivo (WCM) (PAM) 	Gestión de Mantenimiento hacia la Competitividad
Quinta generación. Entre el año 2000-20XX. Mantenimiento en todas sus fases, integral logístico	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento Terotecnológico. Tecnología-Integral Logístico TM 	Gestión de Mantenimiento hacia la Organización e innovación Tecnológica Industrial

Fuente: Memorias de seminario. “Incremento de la productibilidad y rentabilidad a través del mantenimiento.” Ingeniero Eduardo Hernández”

Mínimo costo

- Reducir al máximo las averías.
- Prolongar la vida útil de las instalaciones.
- Reducir las existencias de repuestos.
- Reposición de los equipos en el momento adecuado.
- Colaboración en la optimización de los procesos.
- Productividad del personal de mantenimiento.

Calidad exigida

- Mantener el funcionamiento regular de producción, sin paros.
- Eliminar las averías que afectan la calidad del producto.
- Mantener los equipos para asegurar la calidad requerida.

Preservar la energía

- Conservar en buen estado cañerías e instalaciones auxiliares.
- Eliminar paros y puesta en marcha.
- Controlar rendimiento energético de los equipos.

Conservación del medio ambiente

- Eliminar posibilidad de fugas de contaminantes.
- Evitar averías en instalaciones correctoras de poluciones.

Higiene y seguridad

- Mantener las protecciones en los equipos.
- Adiestrar al personal sobre riesgos de accidentes.
- Asegurar que los equipos funcionen en forma adecuada.

Implicación del personal

- Obtener la participación del personal para poder implementar el TPM.
- Implicar a los trabajadores en las técnicas de calidad (BOERO, 2006).

2.2.3 Importancia. La importancia radica en los equipos que están sujetos a normas constantes de mantenimiento, dando así alta confiabilidad a la industria, el mantenimiento es un proceso en el que interactúan máquina y hombre para generar ganancias, las inspecciones periódicas ayudan a tomar decisiones basadas en parámetros técnicos.

Con la visión que se plasman las empresas y mediante la calidad en el desempeño laboral, ven la necesidad de planificar y programar el mantenimiento cubriendo el área en la relación con el tiempo ya sea este a mediano o largo plazo, reduciendo costos de repuestos y materiales.

La finalidad del mantenimiento entonces es conseguir el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo y de servicios con la menor contaminación del medio ambiente y mayor seguridad para el personal al menor costo posible.

El objetivo del mantenimiento es conservar todos los bienes que componen los eslabones del sistema directa e indirectamente afectados a los servicios, en las mejores condiciones de funcionamiento, con un muy buen nivel de confiabilidad, calidad y al menor costo posible.

Mantenimiento no sólo deberá mantener las máquinas sino también las instalaciones de: iluminación, redes de computación, sistemas de energía eléctrica, aire comprimido, agua, aire acondicionado, calles internas, pisos, depósitos, entre otros (TORRES, 2010).

Las variables de mantenimiento son:

- **Fiabilidad.** Es la capacidad o probabilidad de que las instalaciones, máquinas o equipos, funcionen continuamente sin fallar durante un determinado periodo de tiempo.
- **Disponibilidad.** Es la capacidad de que un sistema o equipo funcione en un instante determinado.
- **Mantenibilidad.** Es la probabilidad de que una máquina, equipo o un sistema pueda ser mantenido preventiva y correctivamente, de acuerdo con una condición específica en un periodo de tiempo dado.

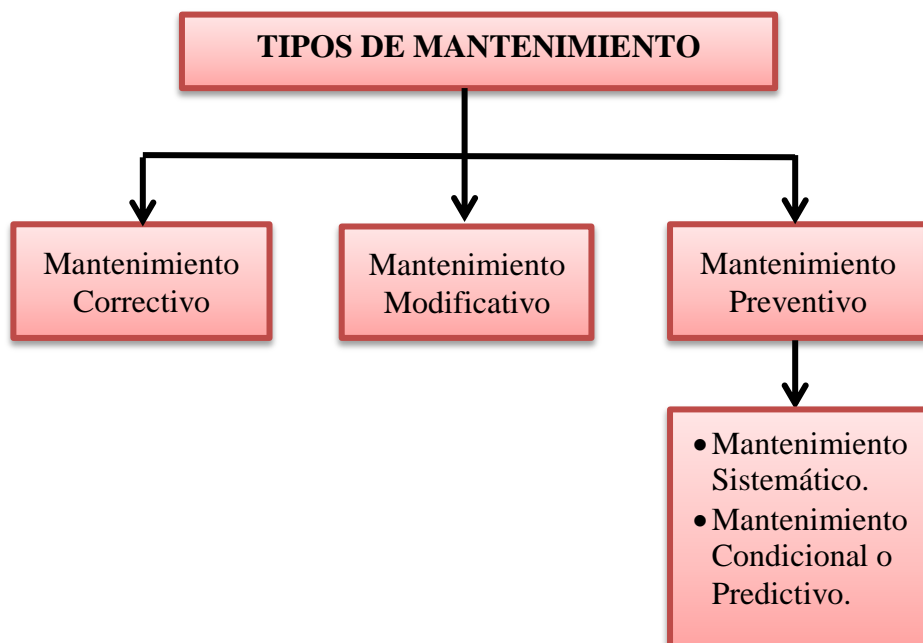
- Seguridad. Está referida a la integridad del personal, instalaciones, equipos, sistemas y máquinas, operando sin producir daños, constituyendo además el índice básico del aseguramiento de su capacidad productiva, y sin dejar de lado el medio ambiente.
- Calidad. El mantenimiento debe tratar de evitar las fallas, restablecer el sistema lo más rápido posible, dejando en condiciones óptimas de operar a los niveles de producción y calidad exigida.

2.2.4 En el libro de Leandro Torres se menciona los tipos de mantenimiento que a continuación detallamos:

Tipos de mantenimiento. Una vez detallado los fundamentos del mantenimiento se llega a la conclusión de que es un factor indispensable para el buen funcionamiento y desarrollo de las plantas industriales permitiendo reparar las averías que se presenten mediante estrategias de mantenimiento que se establecen de acuerdo a las actividades planificadas.

Para ello se tiene los siguientes tipos de mantenimiento:

Figura 9. Esquema tipos de mantenimiento



Fuente: Mantenimiento su implementación y gestión. TORRES Leandro pag.125

2.2.4.1 Mantenimiento correctivo. El mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo (mantenimiento efectuado después del fallo).

El principal inconveniente con que nos encontramos en este tipo de mantenimiento, es que el usuario detecta la avería en el momento que necesita el equipo, ya sea al ponerlo en marcha o bien durante su utilización.

Sus características son:

- Está basada en la intervención rápida, después de ocurrida la avería.
- Conlleva discontinuidad en los flujos de producción y logísticos.
- Tiene una gran incidencia en los costos de mantenimiento por producción no efectuada.
- Se denomina también mantenimiento accidental.

De acuerdo con ello el mantenimiento correctivo es la intervención necesaria para poder solucionar un defecto, o una falla ya ocurrida, en éste caso las instalaciones, máquinas o equipos operan con deficiencia o directamente no funcionan.

El objetivo de toda empresa es llegar a disminuir al mínimo las intervenciones de mantenimiento correctivo, puesto que éste se realiza cuando la falla se produjo y generalmente se rompen más componentes que si hubiésemos detectado la falla con antelación.

2.2.4.2 Mantenimiento modificativo. Se conoce así a las acciones que lleva a cabo mantenimiento, tanto para modificar las características de las instalaciones, máquinas o equipos, como para lograr de ésta forma una mayor fiabilidad o mantenibilidad de los mismos.

Este mantenimiento aparece en tres épocas de la vida de los componentes:

- La primera es cuando se pone en funcionamiento por primera vez, es decir los activos necesitan adaptarse a las necesidades propias de la empresa ya sea esta por razones del producto o por ajustar el costo o posibilidades de mantenimiento.
- La segunda aparece durante la vida útil del elemento, el cual trata de modificar los activos para eliminar las causas más frecuentes que producen fallas.
- Y por último se utiliza cuando una máquina entre en la época de la vejez, refiriéndose a la reconstrucción del activo para asegurar su utilización durante un intervalo de tiempo posterior a su vida útil.

Cabe destacar que este tipo de mantenimiento va de la mano con la fiabilidad de las máquinas, ya que cuando se realiza la mejora se está buscando una máquina más confiable y adaptable a la operación que realiza, o bien para obtener un beneficio en la rapidez de reparación.

El motivo por el cual no es común encontrar este mantenimiento es por los costos y tiempo que demanda realizar trabajos de esta naturaleza, ya que se rediseña de alguna forma la máquina a utilizar, teniendo en cuenta la complejidad que esto representa.

2.2.4.3 Mantenimiento preventivo. Se refiere a la intervención de mantenimiento prevista, preparada, y programada antes de la fecha probable de aparición de una falla.

Entonces se dice que el mantenimiento preventivo es la ejecución planificada de un sistema de inspecciones periódicas, cíclicas y programadas y de un servicio de trabajos previsto como necesario, para aplicar a los activos, con el fin de disminuir los casos de emergencias y permitir un mayor tiempo de operación en forma continua.

Detección precoz = Corrección preventiva

Es decir, el mantenimiento preventivo, se efectúa con la intención de reducir al mínimo la probabilidad de falla, o evitar la degradación de las instalaciones, sistema, máquinas y equipos.

Ventajas del mantenimiento preventivo

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.
- Mayor duración, de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

Desventajas del mantenimiento preventivo

- Se toma en cuenta la experiencia del personal a cargo del mantenimiento así como también las recomendaciones establecidas por el fabricante para generar el programa de mantenimiento.
- No permite determinar con exactitud el desgaste o depreciación de las piezas de los equipos.

Dentro de este mantenimiento para llevar a cabo la planificación adecuada de inspecciones se deben tomar en cuenta los factores de aplicación tanto del mantenimiento sistemático como el mantenimiento condicional o predictivo.

2.2.4.4 Mantenimiento sistemático. Es efectuado de acuerdo con un plan establecido según el tiempo o el número de unidades fabricadas. Requiere de amplios conocimientos de la fiabilidad de las instalaciones, máquinas o equipos, de tal manera que asegura que existe el conocimiento previo del comportamiento de los materiales, utilizando el estudio estadístico el cual permite determinar los tiempos óptimos de intervención.

Para implantar el mantenimiento sistemático es necesario hacer previamente un estudio detallado de los equipos en el que se determine la frecuencia de las revisiones y la

necesidad de instalar un contador horario o de piezas fabricadas. La frecuencia óptima para la realización de las revisiones se debe situar al comienzo de la zona de envejecimiento de la curva de Davies. Si la frecuencia es mayor, correremos el riesgo de que aparezcan averías antes de la revisión y pasaríamos a realizar mantenimiento correctivo.

2.2.4.5 *Mantenimiento condicional o predictivo.* Consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, determinando en qué periodo de tiempo va a tomar una relevancia importante, y de esta manera poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves. La inspección de los parámetros se realiza en forma periódica o continua, dependiendo de diversos factores como son: el tipo de planta, los tipos de fallos a diagnosticar y la inversión que se quiera realizar. Teniendo en cuenta que este tipo mantenimiento tiene la particularidad de no alterar el funcionamiento normal de la planta mientras se está aplicando.

El objetivo de este mantenimiento es la reducción de los tiempos muertos, de los inventarios, de tiempos extras, de compras de piezas emergentes; lo cual se refleja en un mayor rendimiento de los presupuestos hechos principalmente a los departamentos encargados de mantenimiento.

Ventajas del mantenimiento condicional o predictivo

- Reduce el tiempo de parada al conocerse exactamente que órgano es el que falla.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Requiere una plantilla de mantenimiento más reducida.
- La verificación del estado de la maquinaria, realizada de forma periódica como de forma accidental.
- Permite conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Permite la toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.

- Garantiza la confección de formas internas de funcionamiento o compras de nuevos equipos.

Para poder aplicar este mantenimiento es necesaria la utilización de herramientas de mantenimiento predictivo el cual se puede encontrar en un amplio rango de costos, sofisticación y niveles de experiencia y conocimientos requeridos para interpretar eficazmente resultados del diagnóstico. De tal manera que se pueda reforzar los programas de mantenimiento en función de mejorar la calidad y la productividad de la planta, estas son algunas de las herramientas y los ensayos de mantenimiento predictivo más frecuentes usados:

- Análisis de aceite.
- Termografía (análisis infrarrojo).
- Análisis de vibraciones.
- Monitoreo de motores eléctricos y análisis de las condiciones.
- Alineado de precisión y dispositivos de balanceo.
- Monitores de tonelaje.
- Inspección mediante partículas magnéticas.
- Inspección por ultrasonido.
- Inspección radiográfica.
- Inspección mediante líquidos penetrantes (TORRES, 2010).

2.3 Gestión del mantenimiento

Se define como gestión de mantenimiento a las actuaciones con las que la dirección de una organización de mantenimiento sigue una política determinada.

En general la gestión de mantenimiento es responsable de armonizar los activos fijos, minimizando los tiempos de parada y los presupuestos de mantenimiento con lo que se afirma que una adecuada gestión del mantenimiento en el marco de un desarrollo tecnológico creciente y de una política de personal orientada hacia la calidad, ayuda a mejorar la productividad bajo la forma de un incremento en la rentabilidad (RAMIREZ, 2008).

2.3.1 *Desempeño de la gestión de mantenimiento.* El desempeño de la gestión de mantenimiento se basa en actuar sobre todos los aspectos de importancia para el óptimo funcionamiento de la empresa. El departamento de mantenimiento no debe limitarse solamente a la reparación de las instalaciones, sino también debe pilotear los costos de mantenimiento, recursos humanos y almacenes a fin de desarrollar una óptima gestión de mantenimiento (TORRES, 2010).

2.3.2 *Objetivo de la gestión de mantenimiento.* El objetivo básico de la gestión de mantenimiento consiste en incrementar la disponibilidad de los activos, a bajos costos, partiendo de la ejecución, permitiendo que dichos activos funcionen de forma eficiente y confiable dentro del contexto operacional. En otras palabras el mantenimiento debe asegurar que los activos continúen cumpliendo las funciones para las cuales fueron diseñados (RAMIREZ, 2008).

2.4 Implementación de la gestión de mantenimiento

La implementación de la gestión de mantenimiento, tiene como primera fase definir un plan directriz de actuación. Este plan debe establecer la descripción de las diferentes etapas que se llevarán a cabo para la implementación definitiva de la gestión de mantenimiento, que deberá guardar coherencia con el plan estratégico de la empresa.

2.4.1 *Análisis de la situación.* Es muy importante para la elaboración del plan realizar un análisis de la situación de la empresa y de su entorno, las características de funcionamiento y los recursos con que cuenta. En esta etapa descubrimos qué es lo que realmente estamos haciendo, y cómo lo estamos desarrollando.

Para el cual interesa saber cuáles son las instalaciones de la empresa, sus características particulares, el estado de situación del almacén de repuestos y sus recursos, como así también los recursos humanos (TORRES, 2010).

2.4.2 *Codificación de equipos.* Es importante después de haber realizado la lista de los equipos identificarlos mediante una codificación única que cada usuario seleccione con el fin de no complicar su significado de representación, para ello se puede diseñar y colocar físicamente etiquetas a los equipos para un mejor control al momento de llevar

un inventario físico de estos y también ayuda a recopilar información técnica de los equipos y poder implementar el uso de las órdenes de trabajos correspondientes a cada máquina (GARCIA, 2003).

Básicamente, existen dos posibilidades a la hora de codificar:

- *Sistema de codificación no significativo.* Son sistemas que asignas un número o un código correlativo a cada equipo, pero el número o código no aporta ninguna información adicional. La ventaja de este sistema, de tipo correlativo es la simplicidad y brevedad del código, con cuatro dígitos es posible codificar la mayoría de las plantas industriales. La desventaja es la dificultad para ubicar una máquina a partir de su código: es necesario tener siempre a mano una lista para poder relacionar cada equipo con su código. Eso, o tener una memoria prodigiosa.
- *Sistemas de codificación significativos o inteligentes.* En el que el código asignado aporta información. Éste sistema de codificación aporta valiosa información sobre el equipo al que nos referimos: tipo de equipo, área en el que está ubicada, familia a la que pertenece, y toda aquella información adicional que queramos incorporar al código. El problema es que al añadir más información el código aumenta de tamaño.

La información que debería contener el código de un equipo debería ser el siguiente:

- Planta a la que pertenece.
- Departamento al que pertenece.
- Área al que pertenece dentro de la planta.
- Tipo de equipo.

Los elementos que forman parte de un equipo deben contener información adicional:

- Tipo de elemento.
- Equipo al que pertenecen.
- Dentro de ese equipo, sistema en el que están incluidos.
- Familia a la que pertenece el elemento. Fichar permite hacer listado de elementos.

2.4.2.1 Estructura de codificación. La codificación que se utilizará en MKPSERVIC Servicios Petroleros Cía. Ltda. es el tipo de codificación significativa, ya que aporta información sobre dónde y a qué clase de máquina pertenece, por lo que se utiliza la siguiente estructura.

Figura 10. Estructura de codificación

A= Alfabético	Código utilizado: AAA-A-AAX-NNN	
X= Alfa-Numérico		
N= Numérico		
	NIVELES	CÓDIGO
	1. Empresa	AAA
	2. Área	A
	3. Equipo	AAXX
	4. Número Equipo correlativo	NNN

Fuente: HERNÁNDEZ, Eduardo. Gestión de mantenimiento

2.4.3 Fichas técnicas. La siguiente tarea después de la codificación de los equipos es realizar las fichas de datos técnicos de cada uno de los equipos que se encuentran en la empresa, para el cual tiene que poseer la siguiente información:

Encabezado

- Nombre de la empresa.
- Nombre de la máquina.
- Código y su respectiva descripción.
- Fotografía de la máquina.

Datos de fabricación y adquisición (datos de placa)

- Fabricante.
- Año.
- País productor.
- Modelo.
- Serie.
- Fecha y valor de adquisición.

Especificaciones

- Energía requerida.
- Potencia instalada.
- Parámetros de funcionamiento.
- Componentes de seguridad.

2.4.4 *Determinación del estado técnico de los equipos.* Una vez elaborado el inventario de los equipos, será necesario proceder a la determinación del estado técnico de ellos, para lo cual se realizará una revisión previa de cada uno.

Esta revisión previa la efectuarán los técnicos más calificados del taller en las diferentes especialidades (mecánicos, electricistas, etc.) y estará dirigida a detectar el grado de desgaste de las diferentes partes y mecanismos de cada uno de los equipos, lo que permitirá determinar su estado técnico.

El estado técnico de un equipo se define con las condiciones técnicas y funcionales que esté presenta en un momento dado. Un equipo que está sometido a un determinado régimen de trabajo se deteriora continuamente y su estado técnico puede llegar a tal punto, que se refleje en la mala calidad de la producción elaborada, en un bajo rendimiento, en el aumento de las roturas imprevistas e incluso, en el aumento de los riesgos que para el obrero implica su operación. De ahí que es necesario mejorar de forma constante el estado técnico de los equipos mediante los servicios de mantenimiento, los que se realizan con el fin de restituirles, en lo posible, sus características de diseño. La inspección que se lleva a cabo para determinar el estado técnico de un equipo, deberá contemplar los aspectos siguientes:

- Consumo de energía.
- Funcionamiento del mecanismo motriz.
- Estado de la carcasa o cuerpo del equipo.
- Funcionamiento de los mecanismos de regulación y mando.
- Estado de las correas, cadenas de transmisión, acoples, etc.
- Estado de conservación de los instrumentos que indican los parámetros de funcionamiento del equipo.

- Nivel de ruido y vibraciones, entre otros.

2.4.4.1 *Clasificación de los equipos de acuerdo a su estado técnico.* Al evaluar una máquina o parte de ella, su estado técnico se determina por la eficiencia que presente en relación con la que originalmente tenía. La eficiencia de una máquina se traduce en producción realizada; si se tiene en cuenta dicha eficiencia, el estado técnico se evalúa como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 3. Clasificación del estado técnico

ESTADO TÉCNICO	EQUIVALENCIA EN %
Bueno	90 a 100 %
Regular	75 a 89 %
Malo	50 a 74 %
Muy malo	Menos de 49%

Fuente: Administración del mantenimiento Ingeniero MOROCHO Manuel. Pág. 12

Cuando se conoce el estado técnico de un equipo, se puede definir cuál de los diferentes tipos de servicios que comprende el Plan de MPP se debe seguir para iniciar el mantenimiento, de tal manera que se pueda evaluar la eficiencia del plan una vez finalizado, así como también realizar modificaciones pertinentes que derivan de los análisis.

2.4.4.2 *Procedimiento para determinar el estado técnico de equipos.* Al realizar la revisión previa se determina una valoración que puede ser bueno, malo y muy malo, por cada uno de los aspectos que comprende esta revisión. A partir de esta valoración será necesario determinar el estado técnico de una máquina, empleando el procedimiento siguiente:

- Se multiplica la cantidad de aspectos evaluados como buenos, por 1; los evaluados como regulares, por 0.80; los evaluados como malos, por 0.60; y los evaluados como muy malos, por 0.40.
- Se suman todos estos productos y el resultado se divide entre la cantidad de aspectos evaluados.

- El resultado anterior se multiplica por 100 y se obtiene el índice que permite evaluar, según los criterios ya señalados, el estado técnico de la máquina en su conjunto (MOROCHO, 2003).

2.4.5 Análisis de restricciones. Es también conocido como la teoría de las limitaciones (TOC-Theory of constraints), apareció entre el año 1985 y 1990 en la práctica de la toma de decisiones en las situaciones en que existan restricciones.

Teoría descrita como una filosofía para la mejora continua y se ha aplicado en el sistema productivo para resolver problemas de diseño relacionados con la capacidad productiva, la programación de actividades y la reducción de inventarios.

La meta de la teoría de restricciones es ganar dinero hoy y en el futuro mediante una adecuada administración de las restricciones, ya que se entiende que el desempeño de cualquier organización está limitado por restricciones, así como también en la operación de cada proceso tiene por lo menos una restricción que limita su producción final.

A continuación se explicará el proceso de “Focalización” para eliminar restricciones:

1. Identificar las restricciones: una restricción es una variable que condiciona un curso de acción.
2. Explotar las restricciones: implica buscar la forma de obtener la mayor producción posible de la restricción.
3. Subordinar todo a la restricción: todo el proceso debe funcionar al ritmo que marca la restricción (tambor)
4. Elevar la restricción: implica agregar recursos para aumentar la capacidad de la restricción. Por ejemplo, tercerizar. Si en las etapas previas se elimina una restricción, volver al paso 1: para trabajar en forma permanente con las nuevas restricciones que se manifiesten (TORRES, y otros, 2004).

En fin la teoría de restricciones, tiene como propósitos: reducir los inventarios, reducir gastos de operación e incrementar el nivel de servicio (ventas), para lo cual se debe hacer una asignación de recursos adecuada (humanos, técnicos o económicos).

2.4.6 *Criticidad de equipos.* Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Permite así mismo identificar las áreas sobre las cuales se tendrá una mayor atención del mantenimiento en función del proceso que se realiza (GARCIA, 2012).

2.4.6.1 *Análisis de criticidad.* El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de los procesos, de los sistemas y de los equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. Para el cual se detallarán los siguientes métodos.

Primer método:

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

$$\text{CRITICIDAD} = \text{FRECUENCIA} \times \text{CONSECUENCIA}$$

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costes de reparación y los impactos en seguridad y ambiente. En función de lo antes expuesto, se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- Seguridad.
- Ambiente.
- Producción.
- Costos (operacionales y de mantenimiento).
- Tiempo promedio para reparar.

Teniendo en cuenta que dentro de una organización o planta industrial no todos los equipos van a tener el mismo comportamiento, ya que unos van a ser más importantes que otros, por lo que se debe destinar la mayor parte de recursos a los equipos más importantes sin dejar de lado a los de menor importancia ya que también pueden influir en los resultados de la empresa (AMENDOLA, 2011).

Para ello se ha realizado una clasificación de acuerdo al grado de importancia que tiene cada equipo:

- A. Equipos críticos: Se refieren aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afectan significativamente a los resultados de la empresa.
- B. Equipos importantes: Tiene que ver con equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles.
- C. Equipos prescindibles: Se refiere a aquellos equipos con una incidencia escasa en los resultados. Como mucho provoca una pequeña incomodidad, algún pequeño cambio de escasa trascendencia, o un pequeño costo adicional.

Segundo Método:

Matriz y flujograma de criticidad. La matriz de criticidad envuelve aspectos gerenciales y criterios de decisión que tratan de abordar los aspectos de impacto global y de esta manera descubrir los ítems donde debemos atacar las consecuencias de las fallas, alineándonos de esta manera con los paradigmas modernos del mantenimiento.

Típicamente contiene elementos englobando:

- Estrategias del negocio.
- Misión de la planta.
- Costos de mantenimiento.
- Frecuencias de fallas.
- Pérdidas de producción.
- Riesgos involucrados (humanos, seguridad, entre otros).

El análisis se efectúa a través de una matriz que contiene siete áreas de impacto con los criterios respectivos que ubica a cada ítem en unas tres posibilidades:

- Riesgo alto.
- Riesgo medio.
- Riesgo bajo.

Las áreas de impacto mencionadas anteriormente, son las siguientes:

- SyS: Seguridad y salud.
- MA: Medio ambiente.
- CyP: Calidad y productividad.
- P: Producción.
- TO: Tiempos operativos.
- TBF: Intervalos entre actividades.
- MT: Tiempos y costos de mantenimiento (HERNÁNDEZ, 2012).

2.4.7 *Análisis de modos y efectos de falla (FMEA).* El análisis de modos y efectos de falla es la herramienta básica del RCM. El FMEA es un método que permite establecer los modos de fallas de los componentes de un equipo, o sistema, el impacto o la frecuencia con que se presentan.

De esta forma se pueden clasificar las fallas por orden de importancia, logrando especificar las tareas de mantenimiento para las áreas que están generando un mayor impacto económico, con el fin de mitigarlas o eliminarlas completamente.

Etapas básicas necesarias para el desarrollo del análisis de modos y efectos de falla:

1. *Definir los equipos a evaluar.* Los equipos a evaluar se determinan con base en la clasificación previa de las áreas piloto, o en el análisis de criticidad.
2. *Identificar las funciones de cada equipo.* Se define como función, al propósito o la misión de un activo en un contexto operacional específico “cada activo puede tener más de una función en el contexto operacional” (GARCIA, 2012).

Para el desarrollo del AMEF las funciones son divididas en cinco categorías:

- *Funciones primarias.* Cada activo es puesto en servicio para cumplir eficientemente una función o varias funciones específicas, las cuales se les conocen como funciones primarias y “constituyen la razón de ser del activo”.

La función primaria de un activo esta usualmente definida por el propio nombre del activo.

- *Función Secundaria.* Las funciones secundarias, son aquellas otras funciones que el activo está en capacidad de cumplir en adicción a los outputs principales descritos por las funciones primarias. Típicas funciones secundarias incluyen:
 - Función de contención.
 - Función de soporte.
 - Función de apariencia.
 - Función higiene y seguridad.
- *Funciones de protección.* Las funciones de protección de los equipos de protección de un activo, solo reaccionan cuando algo malo está ocurriendo, haciendo en la mayoría de los casos que el activo deje de cumplir con sus funciones principales.

Los equipos de protección deben asegurar que las consecuencias de la función(es) a ser protegidas en un determinado activo, serán mucho menos serias (impactantes) que si no estuvieren estos equipos de protección.

- *Funciones de control.* Al igual que los equipos de protección que cumplen funciones de protección existen también dispositivos de control que cumplen funciones de control de los activos a mantener.
- *Funciones subsidiarias.* Funciones subsidiarias ocurren cuando un activo posee equipos adicionales ajustados a un particular y adicional proceso diferente del proceso principal. Son funciones realizadas en el proceso principal por equipos especiales adecuados a procesos específicos que no están relacionados directamente con el producto final del proceso principal.

Ejemplos: Agitador, su función es proveer movimiento de agitación para la mezcla de las partículas que se encuentran suspendidas en una solución determinada.

Ventilador del motor, su función es proveer de flujo de aire frio a través del motor para prevenir el sobrecalentamiento.

3. *Determinar las fallas funcionales.* Es definida como una ocurrencia no previsible, que no permite que el activo alcance el estándar de ejecución esperado con el contexto operacional en el cual se desempeña, trayendo como consecuencia que el

activo no pueda cumplir con su función o la cumpla de forma ineficiente. Las diferentes fallas funcionales pueden incidir sobre una función o la cumpla de forma ineficiente. Las diferentes fallas funcionales pueden incidir sobre una función de forma parcial o total.

4. *Determinar los modos de falla.* Las fallas funcionales tienen causas físicas que originan la aparición de las mismas, estas causas son denominadas modos de falla (causas de las fallas funcionales).
5. *Determinar los efectos de la falla.* Consiste en identificar lo que sucederá en el contexto operacional si ocurriese cada modo de falla previamente identificado. La identificación de los efectos de fallas deberá incluir toda la información necesaria que ayude a soportar la evaluación de las consecuencias de las fallas para identificar y describir de forma precisa los efectos producidos por cada modo de falla.
6. *Determinar las consecuencias de las fallas.* Cada modo de falla tiene su forma característica de impactar a la seguridad, al ambiente o a las operaciones, para ello se ha clasificado las consecuencias de los modos de falla en cuatro categorías:
 - *Consecuencia de las fallas ocultas.* La aparición de modos de falla con consecuencias ocultas no será evidente dentro del desarrollo normal de las operaciones de un determinado sistema.
 - *Consecuencias para la seguridad y ambiente.* Las consecuencias de los modos de falla sobre la seguridad y el ambiente surgen a partir de funciones evidentes de los activos, cuyas fallas funcionales afectaran en primer lugar, a la seguridad humana (muertes, heridas a personas o condiciones inseguras) y en segundo lugar, al ambiente.
 - *Consecuencias operacionales.* Los modos de falla que afectan a las operaciones, surgen a partir de funciones evidentes, cuyas fallas funcionales afectaran de forma importante a la producción o las operaciones (cantidad y calidad de producto, etc.).

- *Consecuencias no operacionales.* Los modos de falla con consecuencias no operacionales, surgen a partir de funciones evidentes, cuyas fallas funcionales no afectaran de forma importante (aceptable) a la seguridad, al ambiente o a operaciones. Generalmente este tipo de modo de falla, solo origina consecuencias económicas (envuelve solo costo directo de la reparación) (HERNÁNDEZ, 2012).

Beneficios del análisis de modos y efectos de falla

- Mejora la calidad, confiabilidad y seguridad de los productos / servicios / maquinaria y procesos.
- Mejora la imagen y competitividad de la compañía.
- Mejora la satisfacción del cliente.
- Reduce el tiempo y costo en el desarrollo del producto / soporte integrado al desarrollo del producto.
- Documentos y acciones de seguimiento tomadas para reducir los riesgos.
- Reduce las inquietudes por garantías probables.
- Integración con las técnicas de diseño para manufactura y ensamble.

2.4.7.1 Diagrama de evaluación de tareas. Constituye una alternativa para la determinación y caracterización de las posibles tareas a identificar para atender los diferentes modos de fallos fundamentales de un sistema, subsistema o activo. Permite la validación y caracterización de cualquier tarea para combatir un modo de fallo y sus consecuencias. El diagrama de evaluación de tareas contribuye a responder las preguntas 6 y 7 de un proceso RCM: 6-¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada fallo? y 7-¿Qué debe hacerse si no puede encontrarse una tarea proactiva apropiada? Para ello se tendrá en cuenta el uso de éste (ver Anexo A) (SEXTO, 2013).

2.4.8 Planificación y programación del mantenimiento

2.4.8.1 Definición de planificación de mantenimiento. Es el uso de un método sistemático y organizado que nos permitirá cumplir las diversas tareas a realizarse en la maquinaria o equipos, empleando del modo más racional los recursos humanos y materiales.

Parámetros principales en la planificación del mantenimiento

Para poder llevar a cabo la planificación del mantenimiento se requiere tener información acerca de los siguientes parámetros principales:

- Estado técnico o condiciones actuales de la maquinaria o equipos.
- Grado de utilización de la maquinaria o equipos.
- Capacidad de carga a la que se hace trabajar la maquinaria o equipos.
- Decisiones acerca de la futura eliminación de la maquinaria o equipos.
- Decisiones acerca de la adquisición de nueva maquinaria o equipos.
- Decisiones acerca de la reconstrucción de la maquinaria o equipos existentes.
- Demanda futura de utilización de la maquinaria o equipos.
- Importancia de maquinaria o equipos dentro del proceso productivo.
- Banco de tareas a realizarse en la maquinaria o equipos.
- Servicio por el que comenzará el mantenimiento.
- Tiempo que se invertirá en la solución de reparaciones imprevistas.
- Cantidad de obreros necesarios.

2.4.8.2 *Tipos de planificación de mantenimiento.* Para llevar a cabo la planificación en el mantenimiento de forma secuencial es necesario emplear los tipos de mantenimiento mismos que son citamos a continuación:

- *Planificación a largo plazo.* Como su nombre lo indica se lo realiza para plazos superiores a un año. Es decir que la planificación a largo plazo puede ser hecha para 2, 3, 4, y más años.
- *Planificación anual.* Es aquella que se realiza para un plazo de un año. Los trabajos que se efectuaran en la planificación del mantenimiento anual serán los tradicionales: es decir: limpieza, lubricación, inspección, revisión (overhaul) y reparación (corrección) de averías o fallas detectadas.
- *Planificación a corto plazo.* La planificación del mantenimiento a corto plazo es aquella que se realiza para plazos inferiores a un año, de allí su nombre de corto plazo.

En este tipo de planificación se incluyen los siguientes trabajos: lubricación semanal, Inspecciones por paro de alguna máquina, revisiones, reparaciones que haya que hacer luego de alguna inspección por paro, limpieza.

2.4.8.3 *Definición de la programación del mantenimiento.* Es la determinación de cuándo debe realizarse cada una de las tareas planificadas, teniendo en cuenta los programas de producción, la cantidad de materiales y la mano de obra disponible.

Parámetros que regulan la programación del mantenimiento

Entre los parámetros que regulan la programación del mantenimiento merecen citarse principalmente los siguientes:

- Manuales de los fabricantes.
- Análisis estadísticos de registros o de órdenes de mantenimiento anteriores.
- Experiencia y observaciones de los supervisores y operadores.
- Pedidos de trabajo.
- Prioridades de los trabajos.
- Disponibilidad de los recursos humanos y materiales.
- Demanda de producción.
- Políticas en cuanto al horario de trabajo del personal de mantenimiento (MOROCHO, 2003).

2.4.9 *Indicadores de gestión de mantenimiento.* Los indicadores de gestión del mantenimiento son indicadores técnicos de control que están relacionados con la calidad de la gestión o con la productividad del departamento, que permiten ver el comportamiento y el rendimiento operacional de las instalaciones, sistemas y equipos, y que además miden la calidad de los trabajos y el grado de cumplimiento de los planes de mantenimiento.

Los indicadores de gestión de categoría mundial más utilizados en el mantenimiento industrial son:

Confiabilidad “R (t)”. Es la probabilidad de que un equipo, o sistema, cumpla su misión (función principal) bajo condiciones de uso determinadas, en un periodo de tiempo determinado. El estudio de la confiabilidad es el estudio de las fallas del equipo o sus componentes. Si se tiene un equipo sin falla se dice que equipo es ciento por ciento confiable, es decir que tiene una probabilidad de supervivencia igual a uno, por tanto la confiabilidad es el complemento de la probabilidad de falla.

Se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{TMEF}\right)} \quad (1)$$

Dónde:

e: es el logaritmo natural o neperiano.

t : Periodo de tiempo determinado.

TMEF: Tiempo medio entre fallos.

Disponibilidad “A (t)”. Es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función principal para la cual fue destinado.

A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el tiempo medio para la falla (MTTF) y el tiempo medio de reparación (MTTR).

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$A_o = \frac{TP-t}{TP} \quad (2)$$

Dónde:

TP: Tiempo planificado.

t: Periodo de tiempo planificado.

Mean time between failures (MTBF). El tiempo medio entre fallas indica el intervalo de tiempo más probable entre el arranque del equipo y la aplicación de una falla; es decir, es el tiempo transcurrido hasta la llegada de la falla. Mientras mayor sea su valor, más alta es la confiabilidad del sistema, por tanto el MTBF es uno de los parámetros más importantes utilizados en el estudio de la confiabilidad.

Se calcula en base a la siguiente fórmula:

$$TMEF = \frac{\# \text{ de activos} \times \text{Horas de operación de activos en un tiempo determinado}}{\text{cantidad de fallas del grupo de activos}} \quad (3)$$

Mean time to fail (MTTF). Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el sistema a capacidad sin interrupciones dentro de un periodo considerado; El MTTF constituye un indicador directo de la confiabilidad del sistema, ya que representa la confianza real, que se debe tener en la operación del equipo. También se lo conoce como “Tiempo promedio operativo o tiempo promedio hasta la falla”.

Mean time to repair (MTTR). Es la medida de la distribución de los tiempos de reparación del equipo o del sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a las condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por falla, dentro de un periodo de tiempo determinado. El tiempo promedio para reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento.

Se calcula mediante la siguiente fórmula (GARCIA, 2012):

$$TMPR = \frac{\text{Tiempo total de paro por fallas imprevistas}}{\text{cantidad de fallas del grupo de activos}} \quad (4)$$

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1 Estructura de la empresa

La empresa MKPSERVIC Servicios Petroleros Cía. Ltda., inició labores en el año 2007, en el barrio *Ñucanchi Wuasy* al norte del cantón Francisco de Orellana gobernada y constituida por una gran familia emprendedora.

En ese tiempo solo se contaba con un amplio taller para operaciones y mantenimiento para los activos, de manera que con metas, objetivos y visión de futuro fijados por parte del personal la empresa prosperó rápidamente, buscando así espacios dentro de la actividad hidrocarburífera, con presencia nacional, respaldada de una sólida formación profesional, experiencia, creatividad, grandes retos y profundos valores personales y corporativos.

Para el año 2012 la organización optó por tener su propia base de operaciones la misma que se encuentra ubicada en km 10 vía Sacha en el margen izquierdo como se mencionó anteriormente en el primer capítulo.

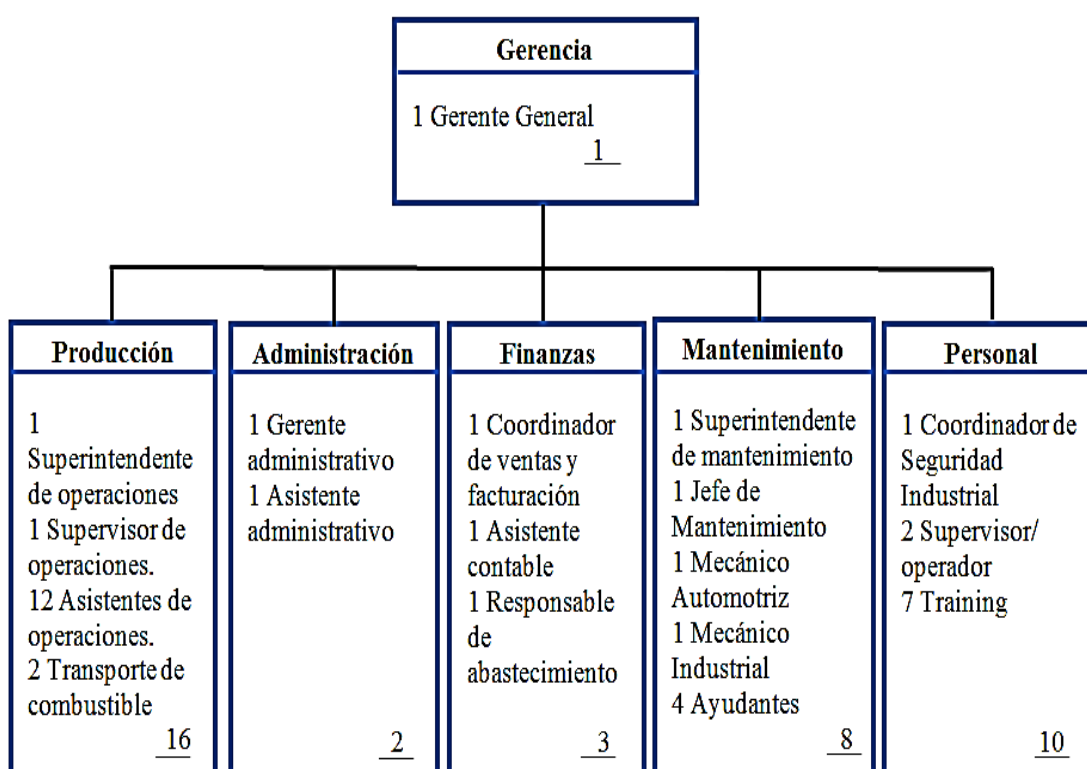
Teniendo como misión prestar servicios de alquiler a corto y largo plazo de equipos de bombeo hidráulico de baja y alta presión para la industria y/o empresas petroleras, cumpliendo con políticas de calidad, seguridad y protección del medio ambiente, logrando cada día una mejora continua.

La empresa cuenta con una organización destacable en lo que se refiere a los distintos departamentos y las funciones de cada uno de ellos, lo que ha llevado al crecimiento de la empresa tanto en el ámbito económico, tecnológico y talento humano, en los últimos tiempos. La organización está establecida por una estructura organizacional y funcional por áreas. Para explicar de mejor manera cómo está compuesta la organización de la empresa a continuación se presentan los siguientes tipos de organigramas.

3.2 Organigrama de posición de la empresa

En este organigrama se muestra mediante representaciones gráficas el orden secuencial de las diferentes unidades administrativas conjuntamente con sus relaciones de jerarquía o dependencia que constituye la organización, así como también tiene la particularidad de representar las posiciones del personal ya sea está de acuerdo al puesto que poseen, como a la sumatoria total existente en cada una de las áreas correspondientes, como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 11. Organigrama de posición de la empresa



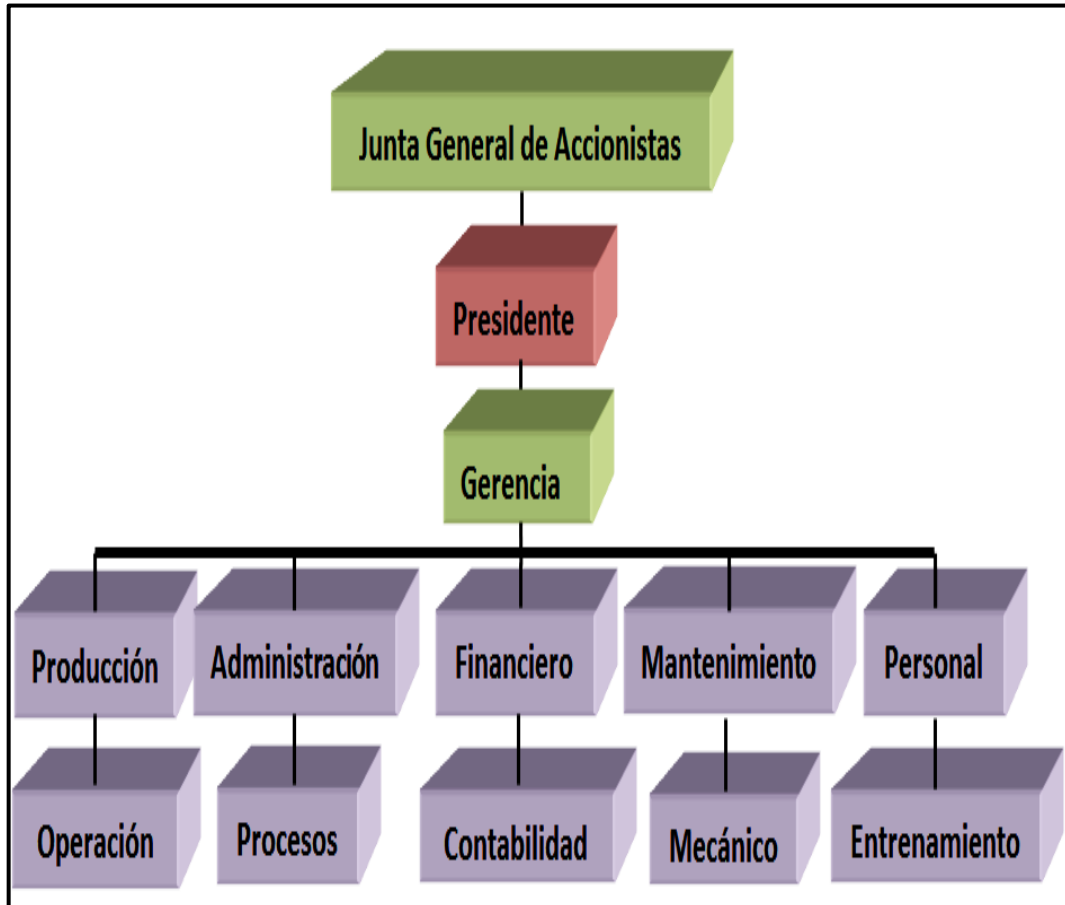
Fuente: Autor

3.3 Organigrama estructural de la empresa

La empresa está dada por áreas, encabezada por un nivel ejecutivo “junta general de accionistas” conformada por tres accionistas que pertenecen a la línea de autoridad y responsabilidad de la empresa, bajo esta misma línea se tiene un nivel administrativo denominado gerencia general, para finalmente culminar con el nivel operativo conformado por departamentos como: Producción, Administrativo, Financiero, Mantenimiento, y Personal todos ellos especificados en los organigramas.

El diagrama muestra la relación estructural de cada uno de las áreas que integra la empresa.

Figura 12. Organigrama estructural de la empresa

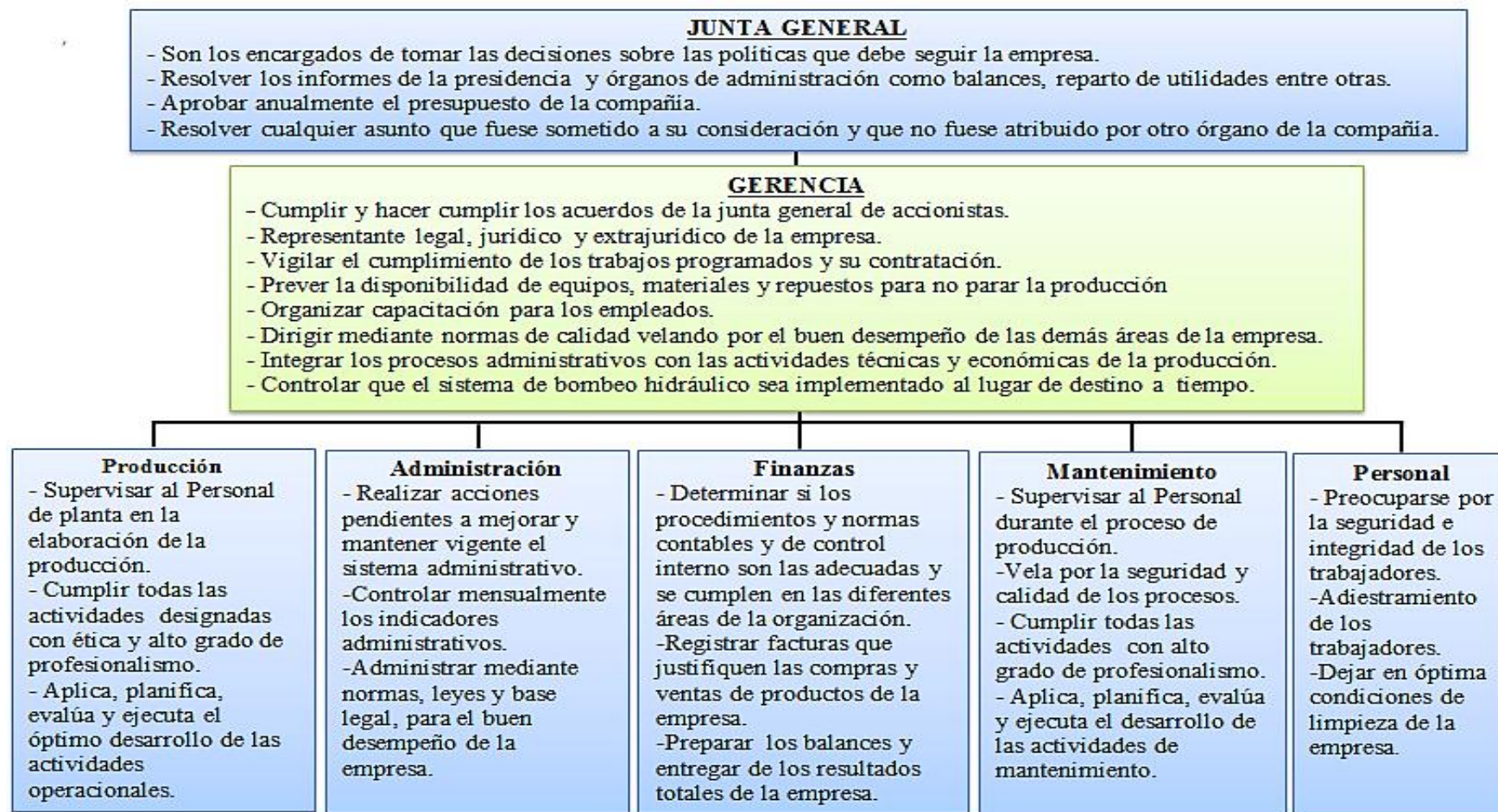


Fuente: Autor

3.4 Organigrama funcional de la empresa

El organigrama funcional representa las principales funciones que tiene asignado el personal, además de las unidades y sus interrelaciones, se debe tener en cuenta que este tipo de organigrama es de gran utilidad ya que ayuda a capacitar al personal y de representar a la organización en forma general.

Figura 13. Organigrama funcional de empresa



Fuente: Autor

3.5 Organigrama del departamento de mantenimiento

Para analizar la situación actual de la organización del mantenimiento, es necesario conocer el organigrama funcional que tiene el departamento de mantenimiento y que se resume en la figura 14 y que a continuación se ira detallando.

Departamento de Mantenimiento. Ante la búsqueda de soluciones concretas, surge la creación de un departamento de mantenimiento, el cual se encargará de realizar actividades preventivas y correctivas de los mecanismos que conforman los activos de la empresa. Se señalará que los equipos con los que ésta cuenta son de última tecnología y por lo tanto es de costo considerable. Además la empresa tiene contemplada una gran cobertura nacional, por lo que es un buen momento para implementar un programa de mantenimiento y una optimización del plan de mantenimiento que cumpla con las condiciones requeridas para la conservación de los bienes de la empresa.

3.5.1 Estructura funcional del departamento de mantenimiento. De acuerdo con el organigrama de mantenimiento de la empresa, a continuación se detallará la estructuración de cada puesto con su respectivo responsable.

Superintendente Mantenimiento. Está a cargo de todo el departamento de mantenimiento, quien a su cargo tiene las siguientes áreas.

Jefe de Mantenimiento. Quien supervisa y controla todos los trabajos a realizarse por los mecánicos, luego cada área tiene un responsable en este caso el mecánico automotriz, el mecánico industrial mismo que están a cargo de técnicos calificados para realizar los trabajos de mantenimiento. Se debe tener en cuenta que no existe un especialista en el área eléctrica por lo que el personal antes mencionado se basa en conocimientos básicos adquiridos ya sea empíricamente o gracias a su educación, razón por la cual cuando se presentan fallas que son de una magnitud considerable en cuanto a conocimientos técnicos se recurre a la contratación externa de un especialista.

Bodega. Es una parte fundamental para el departamento, de igual manera tiene un responsable en este caso el guardalmacén, quien facilita todos los requerimientos solicitados por el personal previo la autorización de una orden de trabajo.

El departamento de mantenimiento cuenta con ayuda de un profesional calificado, el mismo que realiza su trabajo basándose en la experiencia integral y la del personal a su cargo, razón por la cual se incrementa la carga de trabajo, induciendo así, el no manejar una gestión de mantenimiento eficiente y provocando que el departamento tenga falencias tanto en la actividades como en la administración. Hay que mencionar también que éste no registra físicamente (bitácoras, procesos) ni planes de mantenimiento, la misma que conlleva a la no existencia de datos estadísticos que reflejen el éxito o fracaso del departamento.

Este plan de mantenimiento, que se pretende implementar ayudará a la retroalimentación, planificación, evaluación, y control del plan de mantenimiento aplicado a los equipos, llevar de una mejor manera el inventario de bodega, y así al cumplimiento de tareas.

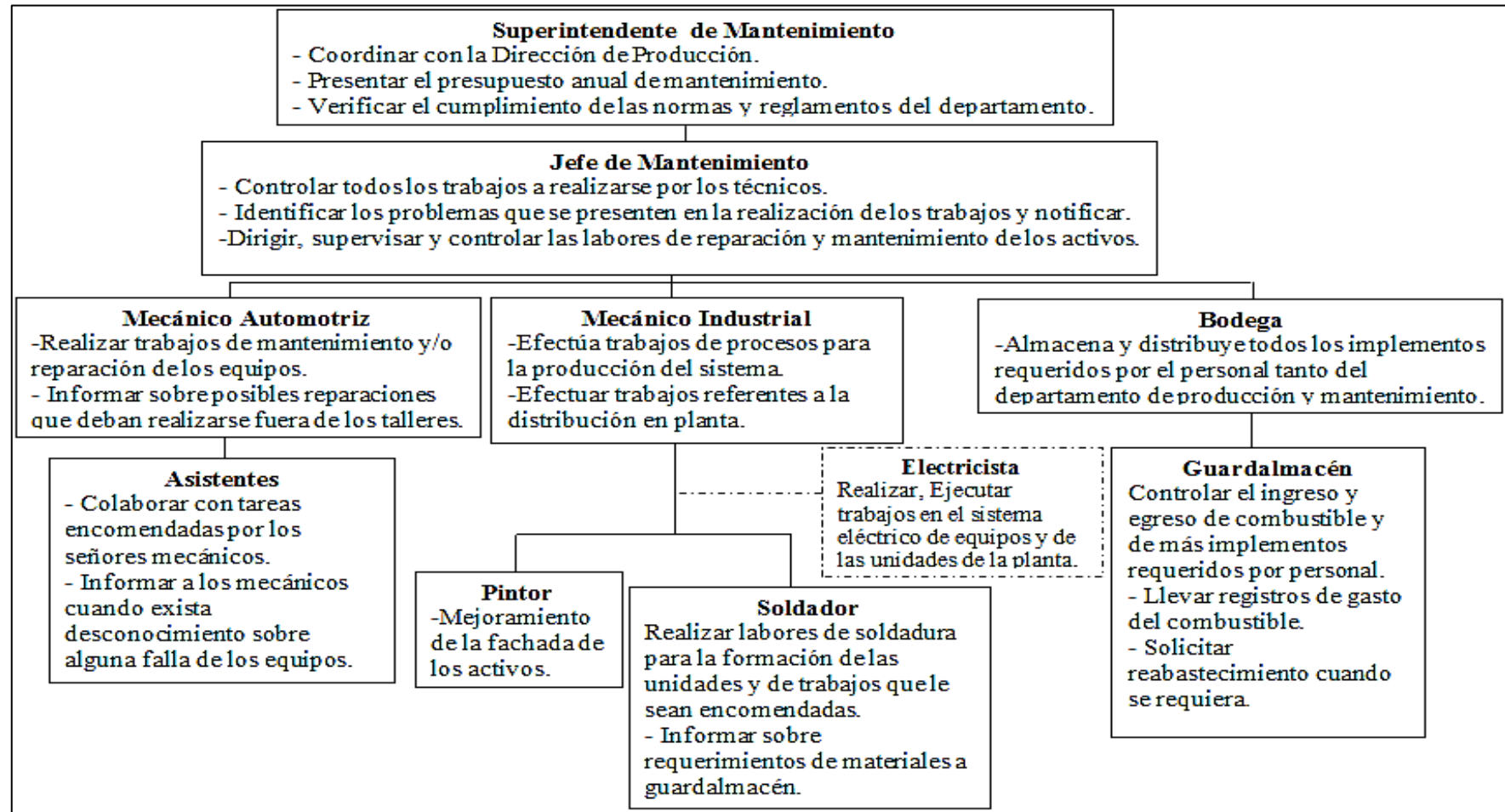
Las tareas de mantenimiento se ejecutan a partir de una orden de trabajo, emitida y supervisada por el mecánico a cargo de cada área, para posteriormente ser revisada por el jefe de mantenimiento, para ello, se cuenta con una bodega con un stock de herramientas, repuestos y materiales necesarios para realizar las distintas tareas.

Figura 14. Departamento de Mantenimiento



Fuente: Autor

Figura 15. Organigrama del Departamento de Mantenimiento



Fuente: Autor

3.5.2 *Orgánico funcional del personal departamento de manteamiento.* Existen dos formas de trabajo en la base de la empresa y en el campo, en los dos casos se tiene jornadas de trabajo rotativas de veinte y un días trabajando y siete vacaciones con un horario de ocho horas normales y cuatro horas extras reconocidas de acuerdo a ley.

En caso de trabajo de campo se cuenta con un operador y un ayudante de operaciones el mismo que tiene como función la inspección de los equipos cumpliendo su horario de trabajo de doce horas, será remplazado rotativamente hasta cumplir su jornada laboral.

3.6 Análisis del sistema actual de mantenimiento

Al realizar el análisis del sistema actual mantenimiento se ha determinado que no funciona correctamente por la falta de organización del departamento, ya que ciertas actividades son realizadas por personal de mantenimiento y otras por el personal de operaciones, es decir no existe un seguimiento de algunas tareas de mantenimiento realizadas por cada personal, razón por la cual el plan que se realizará se lo controlará por medio de un software de gestión de mantenimiento (SGMPro) para determinar que trabajos se han realizado y cuales se realizaran y revisaran.

El área de mantenimiento básicamente hace intervenciones tipo más bien mecánico es decir reparaciones, modificaciones y overhaul. Se realiza mantenimiento preventivo basado en cambios de aceite, filtros, inspecciones visuales y engrases de acuerdo a la correspondiente frecuencia establecidas por fabricantes de cada equipo.

Además dentro del mantenimiento se realiza el overhaul anualmente a los equipos, existe un plan de mantenimiento preventivo para los equipos y accesorios de la empresa pero es mal llevado por falta de tiempo y falta de capacitación o conocimiento del personal.

No se lleva un adecuado historial de averías, fallas, paradas o estado de los equipos ya sea con mayor desgaste o mayor probabilidad de fallo, al momento se viene realizando una revisión rutinaria que consiste en revisar los elementos de los equipos que se considera sufren más desgaste, la empresa posee un inventario y registro de los equipos.

El departamento de mantenimiento se ha dedicado más a la parte técnica dejando a un lado las herramientas de la gestión del mantenimiento que son de vital importancia para cumplir con uno de sus objetivos principales reducir los costos de mantenimiento.

3.6.1 *Análisis de bitácoras de mantenimiento.* Actualmente la empresa no posee suficiente documentación de trabajo, es decir no se tiene bitácoras de mantenimiento y fichas de mantenimiento de los fallos más frecuentes quedando de lado la gestión de mantenimiento, por lo que es necesario elaborar un plan de documentos de mantenimiento preventivo y correctivo.

La empresa actualmente posee documentación como:

- Algunos planos de los equipos.
- Manuales de los equipos.
- Catálogos de equipos.
- Placas correspondientes de cada equipo.
- Inventarios de bodega.
- Ordenes de trabajo.

3.6.2 *Plan del mantenimiento actual.* Un plan de mantenimiento actual nos permitirá cumplir con las tareas a realizarse en los equipos de una forma sistemática y organizada, la empresa no cuenta con un plan físico de mantenimiento, sin embargo realizan actividades preventivas basadas en experiencia y conocimientos adquiridos en algunas capacitaciones del jefe del departamento, así como también las recomendadas por los fabricantes establecidas en catálogos de los respectivos equipos.

Motivo por el cual en ocasiones cumple y en otras no por la falta de repuestos y/o materiales, por tiempo o por estar realizando otro tipo de actividades, generando como consecuencia fallos imprevistos y por ende grandes retrasos en el desarrollo de la producción de la empresa, esto en términos económicos representa grandes pérdidas.

3.6.3 *Conclusión del sistema actual de mantenimiento.* El análisis de la situación actual de mantenimiento, se puede decir en conclusión que la empresa a pesar del

tiempo de su creación no maneje correctamente un plan, ni programa de mantenimiento con parámetros técnicos, normas adecuadas que permitan el buen desempeño de los equipos, la poca información técnica es obtenida a través de los catálogos, manuales y de los mismo operadores, razón por la cual el problema se enfoca en los siguientes puntos:

- La política del mantenimiento aplicado, es el sistema preventivo y correctivo, con un deficiente mantenimiento preventivo planificado.
- Existe una pérdida de tiempo por la falta de planificación de la mano de obra, herramientas, materiales y repuestos.
- La información técnica y la documentación de mantenimiento de los equipos son escasas.
- Se carece de una efectiva administración del mantenimiento.
- No se cuenta con una adecuada codificación de los equipos.
- Las tareas de mantenimiento que se realizan en la maquinaria y equipos no son registradas.
- No existen los correspondientes documentos de trabajo necesarios para poder evaluar la gestión del mantenimiento.
- No realizan o no cuentan con un historial de averías o documentos de mantenimiento, que permita registrar la frecuencia de cambio de los activos.

3.7 Contexto operacional de equipos

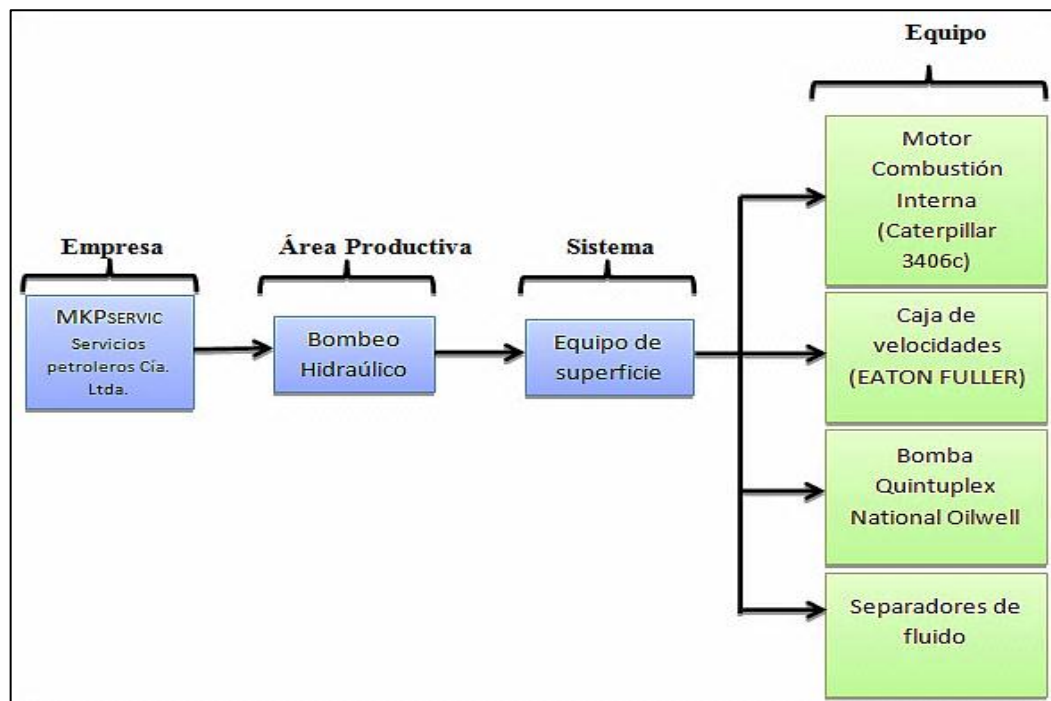
Conjuntamente con el análisis de la situación de la empresa se debe redactar el contexto operacional, indicando el régimen de operación de los equipos, disponibilidad del equipo, consecuencias de indisponibilidad (pérdida o reducción de producción), objetivos de calidad, seguridad y medio ambiente. Dicho de otra manera el contexto operacional se refiere al entorno o atmósfera de trabajo donde funciona el equipo o sistema, teniendo en cuenta a esto los factores que intervienen directa e indirectamente.

3.7.1 Jerarquización del sistema. En este punto para detallar la jerarquización del sistema se tomará en cuenta la distribución de la empresa refiriéndose específicamente al grado de división del área productiva.

Es decir cuenta con el área de bombeo hidráulico que es un mecanismo de producción de pozos petroleros, seguidamente con el sistema que es el equipo de superficie, mismo actúa mediante la transferencia de potencia a una bomba de subsuelo con un fluido presurizado que es bombeado a través de la tubería de producción, y esté integrado por sus equipos: motor de combustión interna, caja de velocidades, bomba de superficie y separadores todos estos con sus respectivas partes.

Como podemos apreciar en la figura 16 se determinó que el nivel de jerarquización se lo realizará en el equipo representado de color verde, es decir se analizarán los equipos a nivel de componentes.

Figura 16. Jerarquización del sistema



Fuente: Autor

3.7.2 Propósito del sistema. Luego de haber realizado la perforación, el pozo está en condiciones de producir. En ese momento puede ocurrir que el pozo sea puesto en funcionamiento por trabajo natural o levantamiento artificial, es decir que si la presión es suficiente el pozo resultará "surgente": produce sin necesidad de ayuda. Pero en la mayoría de los casos esta surgencia natural decrece y el pozo deja de producir: el pozo está ahogado para ello se procede a utilizar el método de levantamiento artificial por bombeo hidráulico.

El sistema de bombeo hidráulico tiene como propósito transformar la energía mecánica suministrada por el motor (eléctrico o de combustión interna) en energía o hidráulica.

El sistema se basa en un principio sencillo: “La presión ejercida sobre la superficie de un fluido se transmite con igual intensidad en todas las direcciones”. Dicho de otra manera, el proceso inicia desde el separador horizontal, y al mismo tiempo con el funcionamiento de la unidad de potencia, es succionado el crudo por medio de la bomba quintuplex hacia el power end que realizando su proceso de operación pasa al fluid end aumentando la presión del fluido.

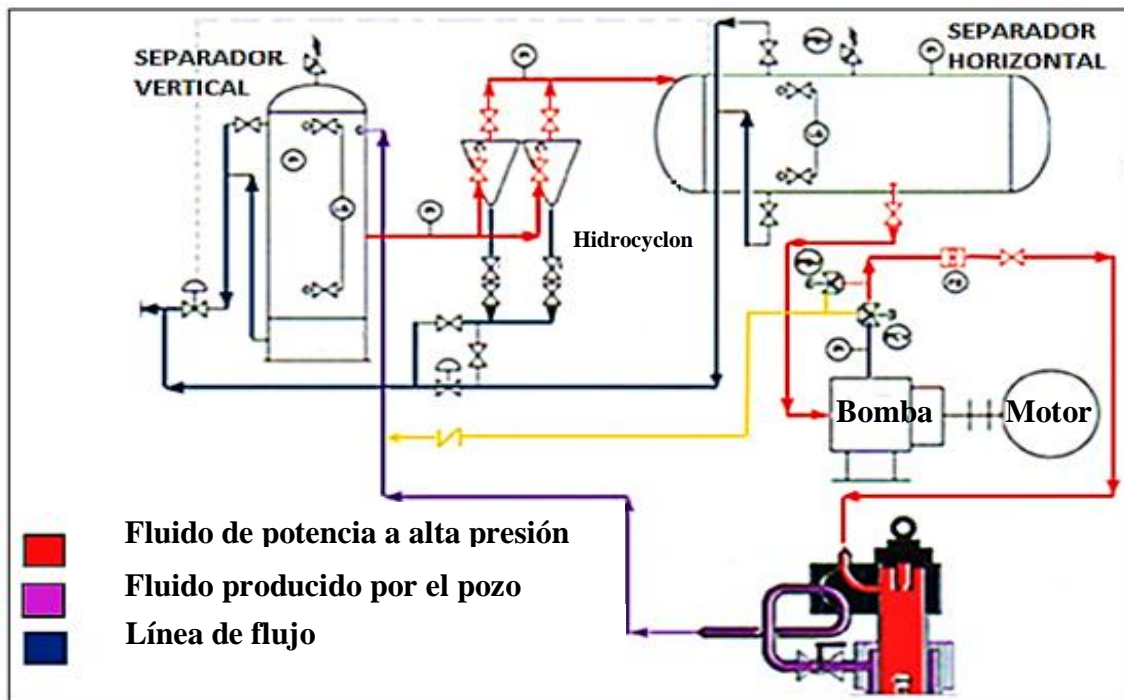
Aplicando el principio antes mencionado es posible inyectar desde la superficie un fluido a alta presión que pasa a través de las válvulas del cabezal del pozo y es dirigido al fondo del pozo para que opere la bomba hoyo abajo que conjuntamente con el pistón motor esta mecánicamente ligado a otro pistón encargándose de bombear crudo producido por la formación existente haciendo que el fluido de potencia regrese a la superficie a través de la tubería de producción (casing).

Seguidamente el fluido de producción del pozo se envía por una sarta de tuberías a los separadores trifásicos realizando la limpieza y separación del fluido (agua, gas, y petróleo), para finalmente transmitir el flujo por la tubería al tanque de almacenamiento.

3.7.3 Descripción del proceso. El sistema de bombeo hidráulico es controlado por el equipo de superficie tal como se muestra en figura 17, el fluido se toma desde el separador horizontal y se alimenta a la bomba quintuplex. El fluido de potencia, con la presión aumentada por la bomba quintuplex, está controlado por las válvulas en la estación de control.

El flujo pasa a través de las válvulas del cabezal del pozo y es dirigido a la bomba hoyo abajo el cual acciona el motor haciendo que opere la bomba de tal manera que el crudo producido regresa a la superficie a través del casing de producción y es enviado por tubería a los separadores los cuales tienen la función de separar el fluido (gas, agua, petróleo), para finalmente ser enviado al tanque de almacenamiento.

Figura 17. Diagrama de proceso

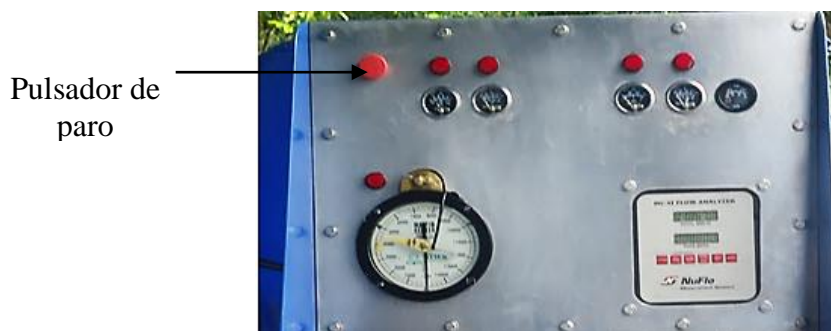


Fuente: MKPSERVIC Servicios Petroleros Cía. Ltda.

3.7.4 Dispositivos de seguridad. Son elementos que están situados en los equipos, máquinas o sistemas, que pueden constituir una protección indirecta, pero sin aislar positivamente de los elementos o puntos peligrosos.

3.7.4.1 Sensor de seguridad (pulsador de paro). Es un dispositivo de emergencia que se lo utiliza como respuesta a situaciones en las que puede haber peligro para personas o instalaciones. Esta detención puede afectar a una máquina de toda la unidad. Se encuentra ubicado en el tablero de control denominado Murphy el mismo que garantiza la seguridad de arranque, operación y apagado.

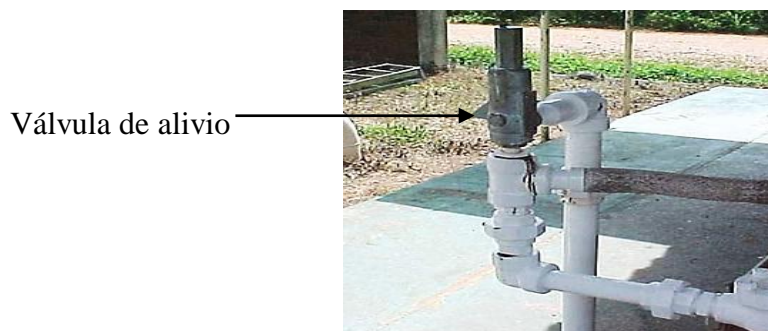
Figura 18. Pulsador de paro



Fuente: Autor

3.7.4.2 *Válvula de alivio contra la sobrepresión.* La válvula para el control de la sobrepresión se abre cuando la entrada de la válvula recibe un oleaje fuerte de presión, es decir cuando el volumen de fluido procesado sea suficiente para producir una pérdida de presión de 40psi a nivel del filtro ciclónico de arena, la válvula de alivio se abre y se elimina el exceso de gas y fluido del recipiente acumulador. Esto da como resultado un nivel de fluido cercano a la parte superior del recipiente. La válvula puede calibrarse también para otras diferencias de presión.

Figura 19. Válvula de alivio de sobrepresión



Fuente: Autor

3.7.4.3 *Válvula para control de oleaje.* La válvula para control de oleaje se calibra para abrir cuando se sienta un oleaje de alta presión es la entrada de la válvula (es decir, en el recipiente de la acumulación y protección contra oleajes). Normalmente, la válvula se calibra para que abra a una diferencia de presión de 40 psi. Se puede calibrar para que la accionen otras diferencias de presión, de ser necesario.

3.7.4.4 *Válvula de seguridad.* La válvula de seguridad evita un exceso de presión en la línea de fluido motriz conectada con el cabezal y protege la bomba y motor de una sobrecarga excesiva.

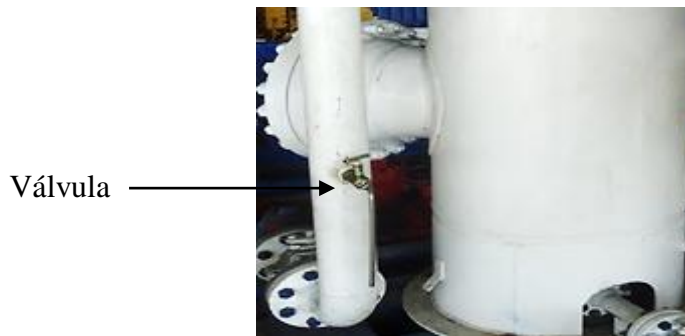
Figura 20. Válvula de seguridad



Fuente: MKPSERVIC Servicios Petroleros Cía. Ltda.

3.7.4.5 Válvula estranguladora. La válvula estranguladora es un manómetro debajo de la corriente inferior, contiene un filtro ciclónico que absorbe impurezas, permitiendo que la válvula controle el flujo de los fluidos, si está correctamente calibrada. Si el fluido es muy sucio, tiende a taponar la salida. Por lo tanto, la válvula tiene que abrirse al máximo posible. Si demasiado fluido se pierde del sistema, la válvula debe cerrarse parcialmente.

Figura 21. Válvula estranguladora



Fuente: Autor

3.7.4.6 Válvulas de seguridad para separadores. Las válvulas de seguridad para los recipientes acondicionadores de fluidos evitan la presión excesiva dentro de cada uno de los recipientes. La válvula de seguridad del recipiente de acondicionamiento y la válvula de seguridad para el acumulador. Cada válvula esta calibrada para proteger los recipientes de la sobrepresión.

Figura 22. Válvula de seguridad para recipientes

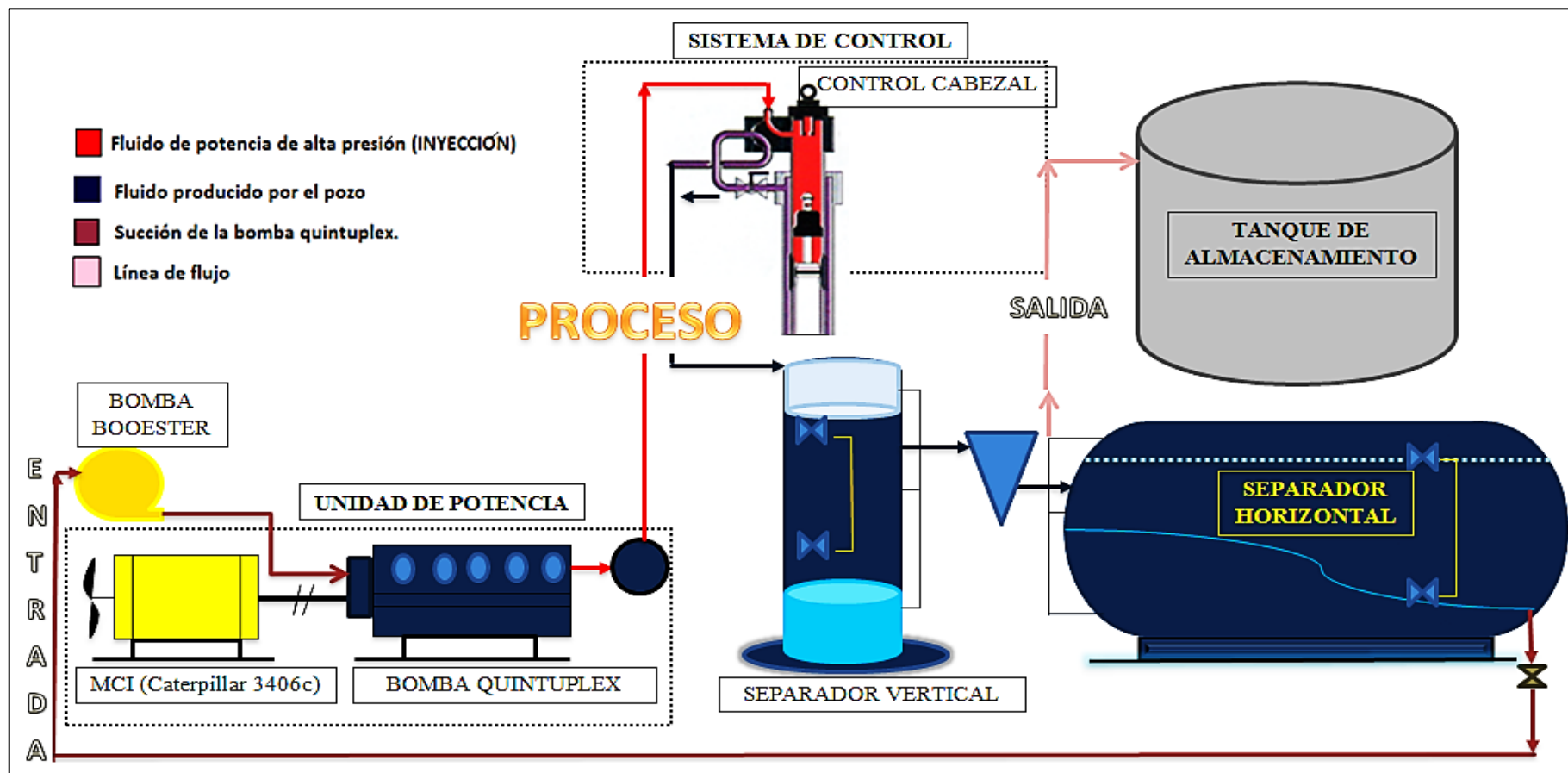


Fuente: MKPSERVIC Servicios Petroleros Cía. Ltda.

3.7.4.7 Válvula reguladora de fluido. Esta válvula es conocida también como (VRF), la misma que tiene la función de regular cantidad de flujo que es inyectado desde la bomba quintuplex hacia la cabeza del pozo.

3.7.5 Diagrama entrada-proceso-salida (EPS)

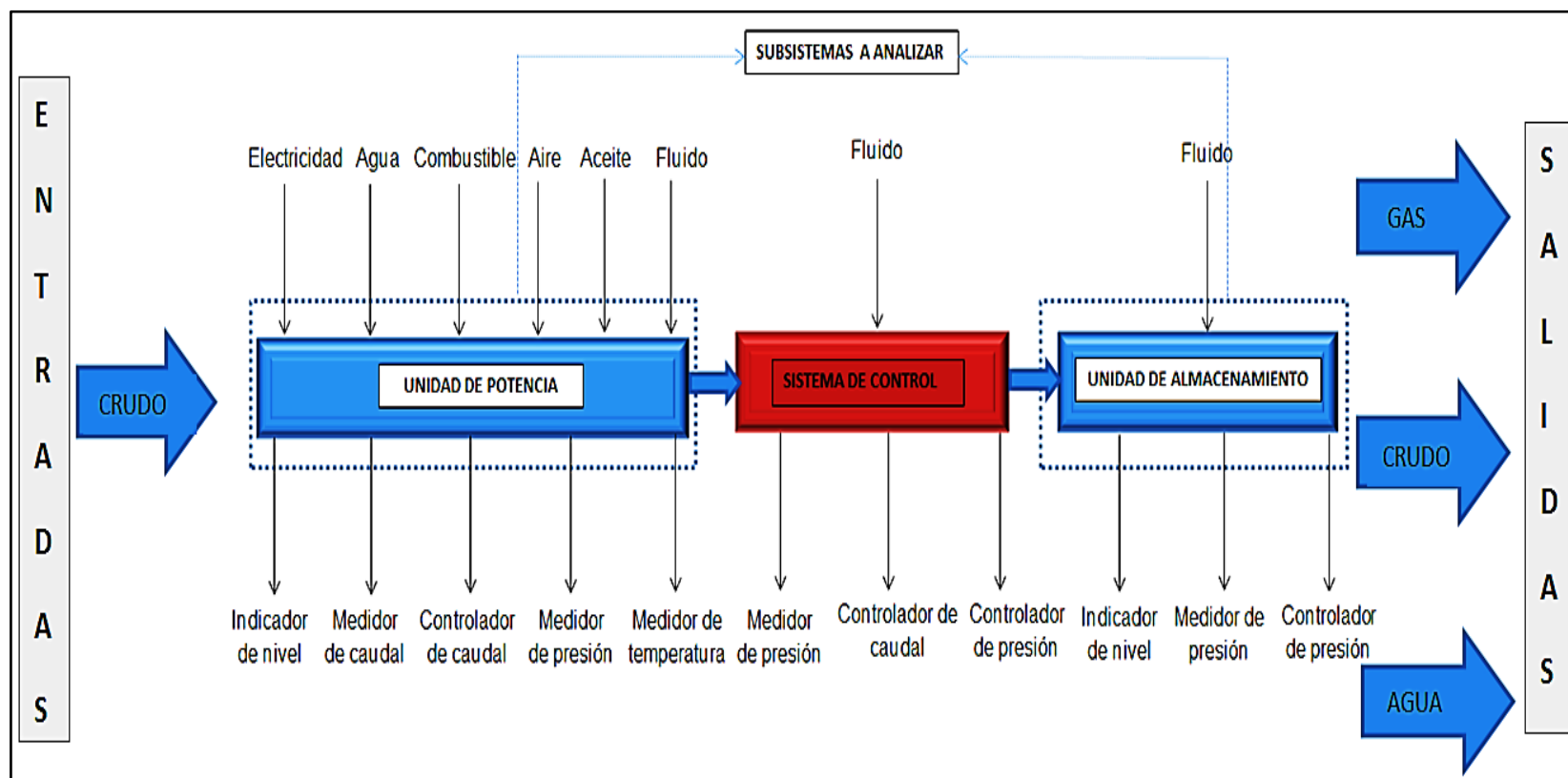
Figura 23. Diagrama (EPS) bombeo hidráulico



Fuente: Autor

3.7.6 Diagrama (EPS) equipo de superficie

Figura 24. Diagrama (EPS) equipo de superficie



Fuente: Autor

3.7.7 Operaciones. El proceso se realiza sistemáticamente desde un tablero de control denominado Murphy el cual garantiza la seguridad en el arranque, operación y apagado del sistema. Los equipos son inspeccionados por el operador y su ayudante en el lugar de trabajo mediante turnos rotativos.

Inspecciones y precauciones de seguridad

- Se debe utilizar el EPP completo: Overol, gafas, zapatos de seguridad, casco y guantes de pupos o de nitrilo para las operaciones en las que se tiene contacto con aceite, diesel o gasolina.
- Se debe apagar el sistema, retirar la llave del switch y guardarla en un bolsillo.
- Se debe colocar en la consola de la unidad o en la puerta de entrada a la cabina en el lado del conductor la tarjeta “Fuera de servicio” o “Tarjeta indicadora de peligro”, con los datos requeridos en la misma.
- Una vez finalizado el trabajo, el responsable del mismo debe dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo y las herramientas utilizadas.
- El responsable del trabajo de mantenimiento, una vez finalizado el mismo, debe retirar la tarjeta “Fuera de Servicio” y colocar la llave en el switch.

3.7.8 Definición de los límites de los sistemas. En el sistema de bombeo hidráulico en el proceso productivo de la unidad de superficie está determinada de acuerdo a la función de cada activo desde el inicio al final de la operación.

Para el respectivo proyecto de tesis se delimitarán los sistemas a utilizar, es decir que se estudiarán la unidad de potencia y el sistema de almacenamiento con sus equipos respectivamente. Es decir que se tiene unidad de potencia constituido con equipos como motor de combustión Caterpillar 3406C, caja de velocidades (Eaton Fuller), y Bomba de Superficie Quintuplex National Oilwell.

La Unidad de Almacenamiento consta de un separador horizontal y un separador vertical. Cabe mencionar que anteriormente se describió a cada uno de estos equipos y de acuerdo con el desarrollo de la tesis se analizarán estos activos.

CAPÍTULO IV

4. DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

4.1 Selección de componentes funcionales

Antes de poder determinar un sistema de mantenimiento óptimo, que mejor se adapte a cualquier proceso, se debe conocer las variables que intervienen en el sistema, y determinar los componentes que conforman el proceso del equipo de superficie para el cual queremos diseñar nuestro plan de mantenimiento planificado. Cabe mencionar que estos componentes son utilizados para operar en un sistema en serie, por lo que si uno de ellos fallara no se podría generar la producción de crudo de tal manera que se denominarán a estos como componentes funcionales. En la siguiente tabla se detallará el listado de equipos de acuerdo al área y unidad/sistema al que pertenecen.

Tabla 4. Componentes funcionales


		Código: DOC-MATTO-CF-01
		Versión: 1
		Fecha elaboración: 25-07-2013
		Fecha modificación: 25-07-2013
Elabora: Gino Guevara		Revisa: Ing. Eduardo Hernández
		Aprueba: Dr. Marco Haro
Área: Mantenimiento y Operaciones		Responsable del área: Ing. José Paredes
LISTADO DE COMPONENTES FUNCIONALES		
NIVEL 1 AREA	NIVEL 2 UNIDAD/SISTEMA	NIVEL 3 EQUIPO
P R O D U C C I Ó N	Unidad de potencia	Motor de combustión interna
	Unidad de potencia	Caja de velocidades
	Unidad de potencia	Bomba de desplazamiento positivo
	Unidad de potencia	Bomba booster
	Unidad de control	Tablero Murphy
	Unidad de almacenamiento	Separador vertical
	Unidad de almacenamiento	Separador horizontal

Fuente: Autor

4.2 Codificación de equipos

Es muy importante para iniciar cualquier proceso de gestión de mantenimiento o aplicación de un sistema de gestión asistido por computadora (GMAC), realizar la codificación de localización, área, sistema, equipo y componentes, permitiendo tener un control y conocimiento sobre información técnica y características generales. Ya que es el punto de partida para lograr una mejor organización, distribución y planificación de los trabajos, acciones y recursos que intervendrán en la ejecución de las funciones del departamento de mantenimiento. Se codificará técnicamente los activos que forman parte del equipo de superficie para ello se tomará como referencia la estructura de la figura10.


Tabla 5. Significado de codificación

	CODIFICACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS		Código: DOC-MANTTO-CT-01
			Versión: 1
			Fecha elaboración: 25-07-2013
			Fecha modificación: 25-07-2013
Elabora: Gino Guevara	Revisa: Ing. Eduardo Hernández	Aprueba: Dr. Marco Haro	
Área: Mantenimiento y Operaciones		Responsable del área: Ing. José Paredes	
Código técnico: MKP-P-MC01			
NIVELES	CÓDIGO	SIGNIFICADO	
Empresa	MKP	MKPSERVIC Servicios Petroleros Cía Ltda.	
Área productiva	P	Producción	
Equipo	MC	Motor de combustión interna	
Número de equipo	1	1	

Fuente: Autor

Como se observa en la tabla anterior, para codificar se empleó un sistema significativo debido a que la empresa está conformada de varios sistemas dentro de la misma área productiva, usando ocho caracteres que básicamente indican la localización de esta, área que pertenece, tipo de máquina con su respectivo número correlativo. Facilitando con esto un mejor control al momento de llevar un inventario físico e información técnica de los equipos de tal manera que se pueda implementar de mejor manera las ordenes de trabajo para cada máquina.

Tabla 6. Codificación técnica de los equipos

		CODIFICACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS		Código: DOC-MANTTO-CT-01	
				Versión: 1	
				Fecha elaboración: 25-07-2013	
				Fecha modificación: 25-07-2013	
Elabora: Gino Guevara		Revisa: Ing. Eduardo Hernández		Aprueba: Dr. Marco Haro	
Área: Mantenimiento y Operaciones				Responsable del área: Ing. José Paredes	
EMPRESA	ÁREA	CÓDIGO	EQUIPO	CÓDIGO	CÓDIGO FINAL
M K P	P R O D U C I Ó N	P	Motor combustión interna 01	MC01	MKP-P-MC01
		P	Caja de velocidades 01	CV01	MKP-P-CV01
		P	Bomba de superficie quintuplex 01	BQ01	MKP-P-BQ01
		P	Bomba de succión booster 01	BB01	MKP-P-BB01
		P	Tablero de control "Murphy" 01	TC01	MKP-P-TC01
		P	Separador horizontal 01	SH01	MKP-P-SH01
		P	Separador vertical 01	SV01	MKP-P-SV01




Fuente: Autor

4.3 Fichas de datos y características técnicas de equipos

Aquí se realiza el diseño de las fichas técnicas de datos y características de los equipos, estas serán de gran utilidad ya que se utilizan como archivadores, es decir almacenan la información de los activos, así como también ayudan en el desarrollo de los trabajos de mantenimiento que en lo posterior se programará. Estas fichas van a contener datos importantes como: marca, modelo, serie, características técnicas, esta información es primordial al momento de realizar trabajos de mantenimiento en dicho equipo, contribuyendo de esta manera con toda la información necesaria para saber de qué equipo se trata. A continuación se presenta las fichas de los diferentes equipos:



A. Unidad de potencia

Tabla 7. Ficha técnica del motor de combustión interna

	FICHA TÉCNICA DE DATOS Y CARACTERISTICAS	Código: DOC-MANTTO-FT-01
		Versión: 1
		Fecha de elaboración:
		Fecha de modificación:
Elabora: Gino Guevara	Revisa: Ing. Eduardo Hernández	Aprueba: Dr. Marco Haro
ÁREA : Mantenimiento y operaciones		Responsable del área: Ing. José Paredes
Nombre del equipo: Motor de combustión interna		Código del equipo: MC01
Fabricante: Caterpillar		Proveedor: Caterpillar
Marca: Caterpillar		Serie: 6TB28727
Modelo: 3406C		Año: Mayo 2012
Sección: Área de producción		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
Motor diesel de 6 cilindros en línea		
Potencia de 361 HP		
Revoluciones por minuto 1800 RPM		
Capacidad del Carter 9 Gls.		
Aceite 15w40		
269 kw		
Capacidad del Tanque de combustible 2000 ghs		
FOTOGRAFÍA DE LA MÁQUINA		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		


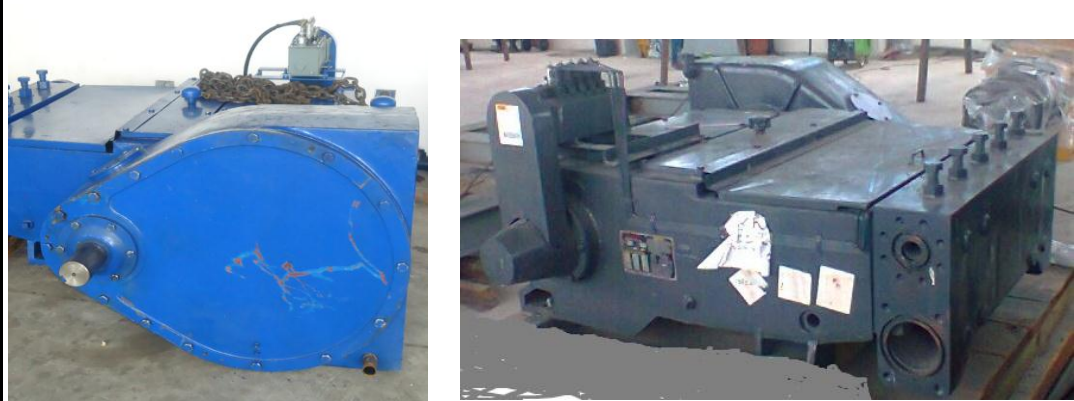
Fuente: Autor

Tabla 8. Ficha técnica de la caja de velocidades

	FICHA TÉCNICA DE DATOS Y CARACTERISTICAS	Código: DOC-MANTTO-FT-02
		Versión: 1
		Fecha de elaboración: 25-07-2013
		Fecha de modificación: 25-07-2013
Elabora: Gino Guevara	Revisa: Ing. Eduardo Hernández	Aprueba: Dr. Marco Haro
ÁREA : Mantenimiento y operaciones		Responsable del área: Ing. José Paredes
Nombre del equipo: Caja de velocidades		Código del equipo: CV01
Fabricante:		Proveedor: Rolortiz
Marca: Eaton fuller		Serie:
Modelo: T095		Año: 2012
Sección: Área de producción		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
Caja de 15 velocidades		
Potencia de 361 HP		
Revoluciones por minuto 1800 RPM		
Capacidad 5 Gls.		
Aceite SAE90		
269 kw		
FOTOGRAFÍA DE LA MÁQUINA		
		

Fuente: Autor




Tabla 9. Ficha técnica de la bomba quintuplex National Oilwell

	FICHA TÉCNICA DE DATOS Y CARACTERISTICAS		Código: DOC-MANTTO-FT-03			
			Versión: 1			
			Fecha de elaboración: 25-07-2013			
			Fecha de modificación: 25-07-2013			
Elabora: Gino Guevara		Revisa: Ing. Eduardo Hernández		Aprueba: Dr. Marco Haro		
AREA : Mantenimiento y operaciones				Responsable del área: Ing. José Paredes		
Nombre del equipo: Bomba de desplazamiento positivo				Tipo: Quintuplex		
Fabricante: National Oilwell				Código del equipo:		
Marca: National Oilwell				Proveedor: Weir oil gas services		
Modelo: 300Q-5H				Serie:		
Sección: Área de producción				Año: 2012		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS						
Bomba de desplazamiento positivo que de una baja presión (40 psi) eleva la presión del fluido hasta						
Rate maximun put: 300 HP / AT: 400 RPM						
Rate maximun output: 270 HP / AT: 400 RPM						
Capacidad 12 Gls.						
Aceite Meropa 320						
Stroke (carrera): 5"						
Máxima rated: 3500 bls/día						
Plungers: 1-7/8" O.D						
Máxima rated: 3500 bls/día						
EQUIPO CONFORMA LA BOMBA						
Equipo	N. serie	Marca	Rating	Relación transmisión	Capacidad de aceite	Aceite
Reductor de velocidad	7243	Accelerated	300 HP	4.38 : 1	3.5 Gls	Meropa320
FOTOGRAFÍA DE LA MÁQUINA						
						

Fuente: Autor




B. Unidad de almacenamiento

Tabla 10. Ficha técnica del separador horizontal

	FICHA TÉCNICA DE DATOS Y CARACTERISTICAS		Código: DOC-MANTTO-FT-05
			Versión: 1
			Fecha de elaboración: 25-07-2013
			Fecha de modificación: 25-07-2013
Elabora: Gino Guevara		Revisa: Ing. Eduardo Hernández	Aprueba: Dr. Marco Haro
AREA : Mantenimiento y operaciones		Responsable del área: Ing. José Paredes	
Nombre del equipo: Separador horizontal		Código del equipo:	
Fabricante: ACINDEC		Proveedor:	
Marca:		Serie: 6385-01-02	
Material: SA-516-70		Año: 2012	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
Temperatura de diseño: 150 ° F			
Presión de diseño: 240 psi			
Capacidad: 40 BLS			
Presión de prueba: UG - 99 psi			
Diámetro: 1.594 m			
Alto: 2.29 m			
Longitud: 3.9 m			
Espesor: Cabeza 9.5 mm			
Casquete: 12.7 mm			
Peso vacío: 2072 Kg			
FOTOGRAFÍA DE LA MÁQUINA			
			

Fuente: Autor

Tabla 11. Ficha técnica del separador vertical

	FICHA TÉCNICA DE DATOS Y CARACTERISTICAS	Código: DOC-MANTTO-FT-06
		Versión: 1
		Fecha de elaboración: 25-07-2013
		Fecha de modificación: 25-07-2013
Elabora: Gino Guevara	Revisa: Ing. Eduardo Hernández	Aprueba: Dr. Marco Haro
AREA : Mantenimiento y operaciones		Responsable del área: Ing. José Paredes
Nombre del equipo: Separador Vertical		Código del equipo: SV01
Fabricante: ACINDEC		Proveedor:
Marca:		Serie: 6385-02-02
Material: SA-516-70		Año: 2012
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
Temperatura de diseño: 140 ° F		
Presión de diseño: 275 psi		
Capacidad: 3.9 BLS		
Presión de prueba: UG - 99 psi		
Diámetro: 0.66 m		
Alto: 2.45 m		
Longitud: 3.9 m		
Espesor: Cabeza 6.35 mm		
Casquete: 12.7 mm		
Peso vacío: 2072 Kg		
FOTOGRAFÍA DE LA MÁQUINA		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		

Fuente: Autor

C. Sistema de control

Tabla 12. Ficha de ubicación técnica del tablero de control

	FICHA TÉCNICA DE DATOS Y CARACTERISTICAS		Código: DOC-MANTTO-FT-07
			Versión: 1
			Fecha de elaboración: 25-07-2013
			Fecha de modificación: 25-07-2013
Elabora:Gino Guevara	Revisa: Ing. Eduardo Hernández	Aprueba: Dr. Marco Haro	
ÁREA : Mantenimiento y operaciones		Responsable del área: Ing. José Paredes	
Nombre del equipo: Separador horizontal		Código del equipo: TC01	
Marca: Murphy		Proveedor:	
Ubicación técnica: Equipo de superficie		Año: 2012	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO	
Switch y pulsador de encendido			
Pulsador de paro			
Embrague			
Acelerador			
Indicador de Temperatura			
Indicador de voltaje			
Indicador de presión			
Indicador de combustible			
Intelidrive DCU			
MC-II FLOW ANALYZER			
Martin derker			



Fuente: Autor

4.4 Fichas de estado técnico de los equipos

La evaluación de estado técnico comienza por una revisión previa de la maquinaria, ya que es el punto de arranque para conocer la eficacia del mantenimiento que se está aplicando, esta revisión previa determina una valoración que puede ser bueno, regular, malo y muy malo, de acuerdo al estado en que se encuentren estos equipos. Por lo que mediante el análisis de los sistemas y partes significativas de los equipos se llega a la conclusión de que todas se encuentran en buen estado, ya que los equipos tienen un periodo de operación que inició recientemente (tres meses), esto conjuntamente con las acciones tomadas por el personal de mantenimiento. A continuación se muestran las tablas de estado técnico de los equipos de acuerdo a la unidad/sistema al que pertenece:




A. Unidad de potencia

Tabla 13. Ficha de estado técnico motor de combustión interna

		FICHA DE ESTADO TÉCNICO DE EQUIPOS		Código: DOC-MANTTO-ET-01	
				Versión: 1	
				Fecha elaboración: 28-07-2013	
				Fecha modificación: 28-07-2013	
ELABORA: Gino Guevara		REVISAR: Ing. Eduardo Hernández		APRUEBA: Dr. Marco Haro	
				FECHA INPECCIÓN: 10/06/2013	
Área: Mantenimiento y operaciones				Responsable del área: Ing. José Paredes	
EQUIPO: MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA					
MODELO: 3406C			MARCA: CATERPILLAR		
CÓDIGO TÉCNICO: MKP-P-MC01			SECCIÓN: Área de Producción		
MANUALES:		PLANOS:		REPUESTOS:	
SI: X	NO:	SI: X	NO:	SI: X	NO:
INSPECCIONAR		MÉTODO	MALO	REGULAR	BUENO
Estado de pernos y anclaje		Visual - Tacto		X	
Estado de la carcasa		Visual			X
Sistema de Refrigeración.		Visual			X
Sistema de Lubricación		Visual			X
Sistema de Admisión Y Escape		Visual			X
Sistema de Alimentación		Visual			X
Estado del tablero de control		Visual			X
Estado de conexiones eléctricas		Visual -Tacto			X
Dispositivos de seguridad		Visual			X
Nivel de ruido		Auditivo			X
Σ BUENO= 9 9x 1=9 Σ REGULAR= 1 1x 0.80=0.80		SUMATORIA: $\Sigma = \text{Bueno} + \text{Regular}$ $\Sigma = 9 + 0.80 = 9.80$		INDICE DE ESTADO TECNICO: $IE = (\Sigma/10) * 100\%$ $IE = (9.80/10) * 100\%$ $IE = 98 \%$	
				CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO BUENO	
TIPO DE MANTENIMIENTO RECOMENDADO:			FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO		
➤ Realizar mantenimiento rutinario e inspecciones periódicas, controlando al parámetro que se analizó como regular, consiguiendo programar actividades en la próxima parada del equipo de superficie.					




Fuente: Autor

Tabla 14. Ficha de estado técnico caja de velocidades

		FICHA DE ESTADO TÉCNICO DE EQUIPOS		Código: DOC-MANTTO-ET-02	
				Versión: 1	
				Fecha elaboración: 28-07-2013	
				Fecha modificación: 28-07-2013	
ELABORA: Gino Guevara		REVISA: Ing. Eduardo Hernández		APRUEBA: Dr. Marco	
				FECHA INPECCIÓN: 10/06/2013	
Área: Mantenimiento y operaciones				Responsable del área: Ing. José Paredes	
EQUIPO: CAJA DE VELOCIDADES					
MODELO: T095		MARCA: 			
CÓDIGO TÉCNICO: MKP-P-CVO1		SECCIÓN: Área de Producción			
MANUALES:		PLANOS:		REPUESTOS:	
SI: X	NO:	SI: X	NO:	SI: X	NO:
INSPECCIONAR		METODO		MALO	REGULAR
Estado de pernos y anclaje		Visual -Tacto			X
Estado de la carcasa		Visual			X
Engranajes		Auditivo			X
Ejes		Auditivo			X
Lubricación		Visual			X
Cañerías		Visual			X
Compresor de aire		Visual			X
Aisladores, palanca y acoplamientos		Visual-Auditivo			X
Estado de conexiones eléctricas		Visual			X
Nivel de ruido		Auditivo			X
Σ BUENO= 9 9x 1=9 Σ REGULAR= 1 1x 0.80=0.80		SUMATORIA: Σ= Bueno + Regular Σ= 9 + 0.80= 9.80		INDICE DE ESTADO TECNICO: IE= (Σ/10) * 100% IE= (9.80/10) * 100% IE= 98 %	
		CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO BUENO			
TIPO DE MANTENIMIENTO RECOMENDADO:		FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO			
<ul style="list-style-type: none"> Realizar mantenimiento rutinario e inspecciones periódicas, controlando al parámetro que se analizó como regular, consiguiendo programar actividades en la próxima parada del equipo de superficie. 					

Fuente: Autor




Tabla 15. Ficha de estado técnico bomba quintuplex National Oilwell

		FICHA DE ESTADO TÉCNICO DE EQUIPOS		Código: DOC-MANTTO-ET-03	
				Versión: 1	
				Fecha elaboración: 28-07-2013	
				Fecha modificación: 28-07-2013	
ELABORA: Gino Guevara		REVISAR: Ing. Eduardo Hernández		APRUEBA: Dr. Marco Haro	
				FECHA INPECCIÓN: 10/06/2013	
Área: Mantenimiento y operaciones				Responsable del área: Ing. José Paredes	
EQUIPO: BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO					
MODELO: 300Q-5H		TIPO: Quintuplex		MARCA:  NATIONAL OILWELL VARCO	
CÓDIGO TÉCNICO: MKP-P-BQO1		SECCIÓN: Área de Producción			
MANUALES:		PLANOS:		REPUESTOS:	
SI: X	NO:	SI: X	NO:	SI: X	NO:
INSPECCIONAR		METODO		MALO	REGULAR
Estado de pernos y anclaje		Visual y Tacto			X
Estado de la carcasa		Visual			X
Sistema de Admisión		Visual			X
Sistema de Descarga		Visual			X
Sistema de Lubricación		Visual			X
Sistema de Transmisión		Visual-Auditivo			X
Plungers		Visual			X
Reductor de velocidad		Visual-Auditivo			X
Dispositivos de seguridad		Visual			X
Nivel de ruido		Auditivo			X
Σ BUENO= 9 9x 1=9 Σ REGULAR= 1 1x 0.80=0.80	SUMATORIA: Σ= Bueno + Regular Σ= 9 + 0.80= 9.80	INDICE DE ESTADO TECNICO: IE= (Σ/10) * 100% IE= (9.80/10) * 100% IE= 98 %		CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO BUENO	
TIPO DE MANTENIMIENTO RECOMENDADO:		FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO			
> Realizar mantenimiento rutinario e inspecciones periódicas, controlando al parámetro que se analizó como regular, consiguiendo programar actividades en la próxima parada del equipo de superficie.					

Fuente: Autor

B. Sistema de control




Tabla 16. Ficha de estado técnico tablero de control

		FICHA DE ESTADO TÉCNICO DE EQUIPOS		Código: DOC-MANTTO-ET-04	
				Versión: 1	
				Fecha elaboración: 28-07-2013	
				Fecha modificación: 28-07-2013	
ELABORA: Gino Guevara		REVISAR: Ing. Eduardo Hernández		APRUEBA: Dr. Marco Haro	
				FECHA INPECCIÓN: 10/06/2013	
Área: Mantenimiento y operaciones				Responsable del área: Ing. José Paredes	
EQUIPO: TABLERO DE CONTROL					
TIPO: Vertical			MARCA: 		
CÓDIGO TÉCNICO: MKP-P-TC01			SECCIÓN: Área de Producción		
MANUALES:		PLANOS:		REPUESTOS:	
SI: X	NO:	SI: X	NO:	SI: X	NO:
INSPECCIONAR		MÉTODO	MALO	REGULAR	BUENO
Estado de pernos y anclaje		Visual -Tacto			X
Estado de la carcasa		Visual			X
Estado de conexiones eléctricas		Visual			X
Instrumentos de medición de variable		Visual			X
Estado de elementos de accionamiento		Visual-Tacto			X
Σ BUENO= 9 5x 1=5		SUMATORIA: Σ = Bueno Σ = 5		CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO BUENO	
INDICE DE ESTADO TECNICO: $IE = (\Sigma/5) * 100\%$ $IE = (5/5) * 100\%$ $IE = 100\%$					
TIPO DE MANTENIMIENTO RECOMENDADO:			FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO		
<ul style="list-style-type: none"> Realizar mantenimiento rutinario e inspecciones periódicas, consiguiendo programar actividades en la próxima parada del equipo de superficie. 					

Fuente: Autor




C. Unidad de almacenamiento

Tabla 17. Ficha de estado técnico separador horizontal

		FICHA DE ESTADO TÉCNICO DE EQUIPOS		Código: DOC-MANTTO-ET-05	
				Versión: 1	
				Fecha elaboración: 28-07-2013	
				Fecha modificación: 28-07-2013	
ELABORA: Gino Guevara		REVISAR: Ing. Eduardo Hernández		APRUEBA: Dr. Marco Haro	
				FECHA INPECCIÓN: 10/06/2013	
Área: Mantenimiento y operaciones				Responsable del área: Ing. José Paredes	
EQUIPO: SEPARADOR ACUMULADOR					
TIPO: Horizontal			MARCA: 		
CÓDIGO TÉCNICO: MKP-P-SHO1			Sección: Área de Producción		
MANUALES:		PLANOS:		REPUESTOS:	
SI:	NO: X	SI: X	NO:	SI: X	NO:
INSPECCIONAR		MÉTODO		MALO	REGULAR
Estado de pernos y anclaje		Visual -Tacto			X
Estado de la carcasa		Visual			X
Estado de acoples		Visual			X
Tuberías		Visual			X
Ciclones		Visual			X
Válvula de purga		Visual -Tacto			X
Válvulas check		Visual- Tacto			X
Válvula estranguladora		Visual -Tacto			X
Dispositivos de seguridad		Visual			X
Nivel de vibración		Visual-Tacto			X
Σ BUENO= 9 9x 1=9 Σ REGULAR= 1 1x 0.80=0.80		SUMATORIA: Σ= Bueno + Regular Σ= 9 + 0.80= 9.80		INDICE DE ESTADO TECNICO: $IE = (\Sigma/10) * 100\%$ $IE = (9.80/10) * 100\%$ IE= 98 %	
				CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO BUENO	
TIPO DE MANTENIMIENTO RECOMENDADO:			FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO		
<ul style="list-style-type: none"> Realizar mantenimiento rutinario e inspecciones periódicas, controlando al parámetro que se analizó como regular, consiguiendo programar actividades en la próxima parada del equipo de superficie. 					

Fuente: Autor

Tabla 18. Ficha de estado técnico Separador vertical

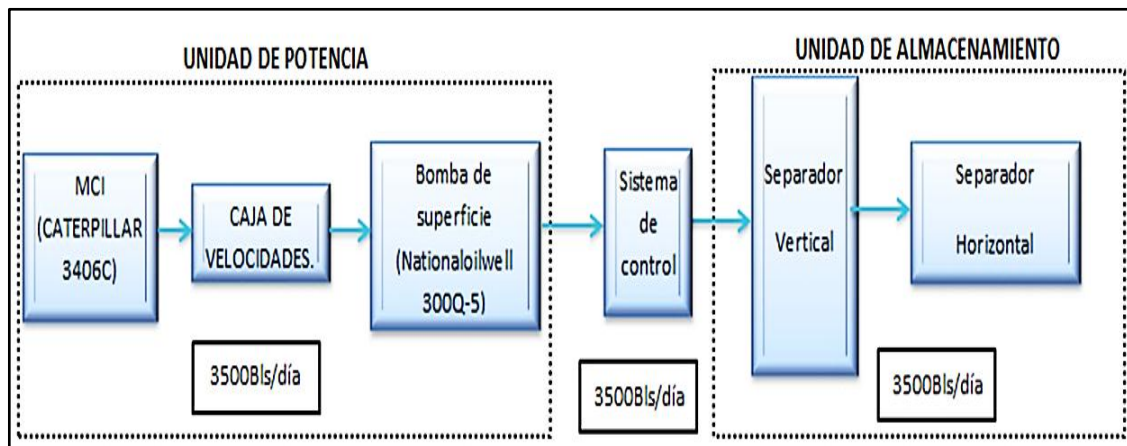
	FICHA DE ESTADO TÉCNICO DE EQUIPOS		Código: DOC-MANTTO-ET-06				
			Versión: 1				
			Fecha elaboración: 28-07-2013				
			Fecha modificación: 28-07-2013				
ELABORA:		REVISAR:		APRUEBA:		FECHA INPECCIÓN:	
Gino Guevara		Ing. Eduardo Hernández		Dr. Marco Haro		10/06/2013	
Área: Mantenimiento y operaciones				Responsable del área: Ing. José Paredes			
EQUIPO: SEPARADOR ACUMULADOR							
TIPO: Vertical				MARCA: 			
CÓDIGO TÉCNICO: MKP-P-SVO1				SECCIÓN: Área de Producción			
MANUALES:		PLANOS:		REPUESTOS:			
SI:	NO: X	SI: X	NO:	SI: X	NO:		
INSPECCIONAR				MÉTODO	MALO	REGULAR	BUENO
Estado de pernos y anclaje				Visual -Tacto		X	
Estado de la carcasa				Visual			X
Estado de acoples				Visual			X
Tuberías				Visual			X
Ciclones				Visual			X
Válvula de purga				Visual -Tacto			X
Válvulas check				Visual- Tacto			X
Válvula estranguladora				Visual -Tacto			X
Dispositivos de seguridad				Visual			X
Nivel de vibración				Visual-Tacto			X
Σ BUENO= 9 9x 1=9 Σ REGULAR= 1 1x 0.80=0.80		SUMATORIA: $\Sigma = \text{Bueno} + \text{Regular}$ $\Sigma = 9 + 0.80 = 9.80$		INDICE DE ESTADO TECNICO: $IE = (\Sigma/10) * 100\%$ $IE = (9.80/10) * 100\%$ $IE = 98 \%$		CONCLUSIÓN: ESTADO TÉCNICO BUENO	
TIPO DE MANTENIMIENTO RECOMENDADO:				FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO			
<ul style="list-style-type: none"> Realizar mantenimiento rutinario e inspecciones periódicas, controlando al parámetro que se analizó como regular, consiguiendo programar actividades en la próxima parada del equipo de superficie. 							

Fuente: Autor

4.5 Análisis de restricciones

El método de análisis de restricciones ayuda a encontrar las limitaciones existentes en el sistema de bombeo hidráulico. Refiriéndose a las limitaciones como son equipos, instalaciones o recursos, etc., que evitan que el sistema cumpla con su meta para el que ha sido diseñado. Cabe recalcar que restricción es la que impide el más alto desempeño en relación a la meta productiva de la empresa.

Figura 25. Análisis de restricciones



Fuente: Seminario “Incremento de la productividad y rentabilidad a través del mantenimiento rentable autosustentado” Año 2012

Para el análisis de restricción del proceso productivo del equipo de superficie, se determina de acuerdo a la división de procesos antes descrito, es decir que cuenta con la unidad de potencia, sistema de control, y unidad de almacenamiento, el cual es un sistema que opera en forma continua y consecuente a aquello, todo el proceso está diseñado para operar con una capacidad de 3500 Bls/día con lo que se puede decir que si existen cuellos de botella o restricción de capacidad.

4.5.1 Proceso del análisis de restricciones. Para poder determinar si existe o no restricciones en un sistema o proceso del equipo de superficie es necesario seguir los siguientes pasos:

- A. *Identificamos la restricción.* Considerando que la bomba de superficie Quintuplex National Oilwell 300Q-5 tiene una capacidad máxima de 3500Bls/día y que al aumentar o disminuir la capacidad de trabajo de diseño se obtendrá mayor o

menor velocidad del sistema, y debido a que el motor de combustión interna y caja de velocidades generan el movimiento de transmisión y potencia para el funcionamiento de todo el equipo, se llega a la conclusión que estos equipos son la restricción del proceso.

- B. *Elevamos la velocidad de la restricción.* Para elevar la velocidad de la restricción tenemos que realizar el cambio de los plungers por unos que generen una mayor capacidad de producción ya que si se aumenta la capacidad de la bomba de superficie habrá un incremento en la velocidad del sistema. Teniendo en cuenta que la capacidad de los separadores y de más componentes del sistema están diseñados para soportar dichas modificaciones.
- C. *Buscamos nueva restricciones.* En este paso se vuelve a identificar si existen nuevas restricciones.

4.5.2 *Conclusión del análisis de restricciones.* Con el análisis de restricciones realizado al equipo de superficie se llega a la conclusión que si existen restricciones o los llamados cuellos de botella, ya que está diseñado para trabajar en un sistema en serie, es decir en forma continua, con lo que gracias a este análisis se logrará que este equipo tenga un mejor rendimiento y desempeño mediante los siguientes parámetros:

- Mejorar la forma en que se opera el equipo.
- Mejorar la forma en que se mantiene el equipo.
- Aumentar la capacidad de producción.
- No permitir que exista restricción para el ingreso y proceso del crudo.

4.6 Análisis de criticidad

Se debe tener en cuenta que cuando se realiza un análisis de criticidad de todo el sistema nos permitirá tener una diferenciación entre los activos, ya que unos son más importantes que otros. De tal manera que si se tiene un equipo crítico puede fallar afectando a la seguridad del personal, el entorno ambiental y demás factores, generando un paro de la producción o incrementar el costo de mantenimiento.

4.6.1 Aplicación. El análisis de los activos del equipo de superficie se efectúa en base de la matriz de criticidad (ver Tabla 19) y flujograma de criticidad (ver Figura 28), los cuales contienen las siete áreas de impacto con sus respectivos criterios que ubica a cada ítem en una de las tres posibilidades como se ve en las ilustraciones.

Para iniciar con el uso de la matriz de criticidad se tendrá en cuenta el diagrama de proceso del equipo de superficie detallado anteriormente en el contexto operacional así como también realizar el listado de los equipos, para posteriormente con ello realizar el análisis y obtener los resultados.

Tabla 19. Matriz de criticidad

MATRIZ DE CRITICIDAD			
Causas de paradas no planeadas			
Área de Impacto	A Riesgo Alto	B Riesgo Medio	C Riesgo Bajo
Seguridad y Salud (S&S)	Alto riesgo de vida del personal	Riesgo de vida significativa del personal	No existe riesgo ni de salud ni de daños al personal
	Daños graves en la salud del personal	Daños menores en la salud del personal	
Medio Ambiente (MA)	Alto excedente de los límites permitidos de derrames y fugas	Excedente de los límites permitidos y repetitivos de derramas y fugas	Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos
Calidad y Productividad (C&P)	Defectos de producción	Variaciones en las especificaciones de calidad y producción	Sin efectos
	Reducción de velocidad		
	Reducción de producción		
Producción (P)	Parada de todo el proceso	Parada de una parte del proceso	Sin efectos
Operación de Equipos			
Área de Impacto	A Riesgo Alto	B Riesgo Medio	C Riesgo Bajo
Tiempos de Operación (TO)	24 horas diarias	2 turnos u horas normales de trabajo	Ocasionalmente o no es un equipo de producción
Intervalos entre actividades (TBF)	Menos de 6 meses	En promedio una vez al año	Raramente
Tiempos de Costos de Mantenimiento (MT)	Tiempo y/o costo de reparación	Tiempo y/o costo de reparación razonables	Tiempo y/o costo de reparación irrelevantes

Fuente: HERNÁNDEZ, Eduardo. Gestión de Mantenimiento

4.6.2 Cuadro criterios del análisis de criticidad. Para poder fijar el análisis de la Tabla 20, se trabaja con el personal de mantenimiento quienes por experiencia y conocimiento del proceso y equipos, son los más idóneos para el análisis de las diferentes áreas de impacto. De tal manera que en esta tabla se justifican los resultados del análisis de criticidad, que se evalúa en el cuadro de criticidad del equipo que indica en la Tabla 21 de acuerdo a cada ítem. Para ello se tendrá en cuenta que los equipos son nuevos, de modo que se puede decir que se encuentran operando recientemente, por lo explicado se obviará los parámetros, intervalos entre actividades y tiempos y costos de mantenimiento respectivamente.

Tabla 20. Criterios de análisis de criticidad

ANÁLISIS DE CRITICIDAD	
Equipo: Motor de Combustión Interna(CATERPILLAR 3406C)	
Causas de tareas no planeadas.	
Área de impacto	Criterio del análisis
Seguridad y salud(S&S)	C. Se determinó que es un riesgo bajo ya que su funcionamiento no representa impacto directo sobre la salud y seguridad, además tiene sus respectivas normativas de seguridad que no afectan a la vida del personal.
Medio ambiente(MA)	C. Se determinó que es un riesgo bajo ya que la sustancia con la que se opera no presenta peligro para el ambiente.
Calidad y Productividad(C&P)	A. Se determinó como riesgo alto ya que es el encargado de generar la potencia necesaria para el correcto funcionamiento del proceso y consecuentemente la producción del sistema.
Producción (P)	A. Se determinó como riesgo alto ya que se tiene un proceso en serie y afecta totalmente al proceso del sistema.
Operación de equipos	
Tiempos de operación (TO).	A. Se determinó como riesgo alto ya que el equipo opera las 24 horas diarias.
Equipo: Caja de velocidades (EATON FULLER)	
Causas de tareas no planeadas.	
Área de impacto	Criterio del análisis
Seguridad y salud(S&S)	C. Se determinó como riesgo bajo ya que su funcionamiento no representa un impacto directo sobre la salud y seguridad del personal, además que tiene correctamente establecidas sus normativas de seguridad.
Medio ambiente(MA)	C. Se determinó que es un riesgo bajo ya que la sustancia con la que se opera no presenta peligro para el ambiente.
Calidad y Productividad(C&P)	A. Se determinó como riesgo alto ya que es el encargado de generar la velocidad necesaria para el correcto funcionamiento del proceso y consecuentemente la producción del sistema.
Producción (P)	A. Se determinó como riesgo alto ya que se tiene un proceso en serie y afecta totalmente al proceso del sistema.
Operación de equipos	
Tiempos de operación (TO).	A. Se determinó como riesgo alto ya que el equipo opera las 24 horas diarias.

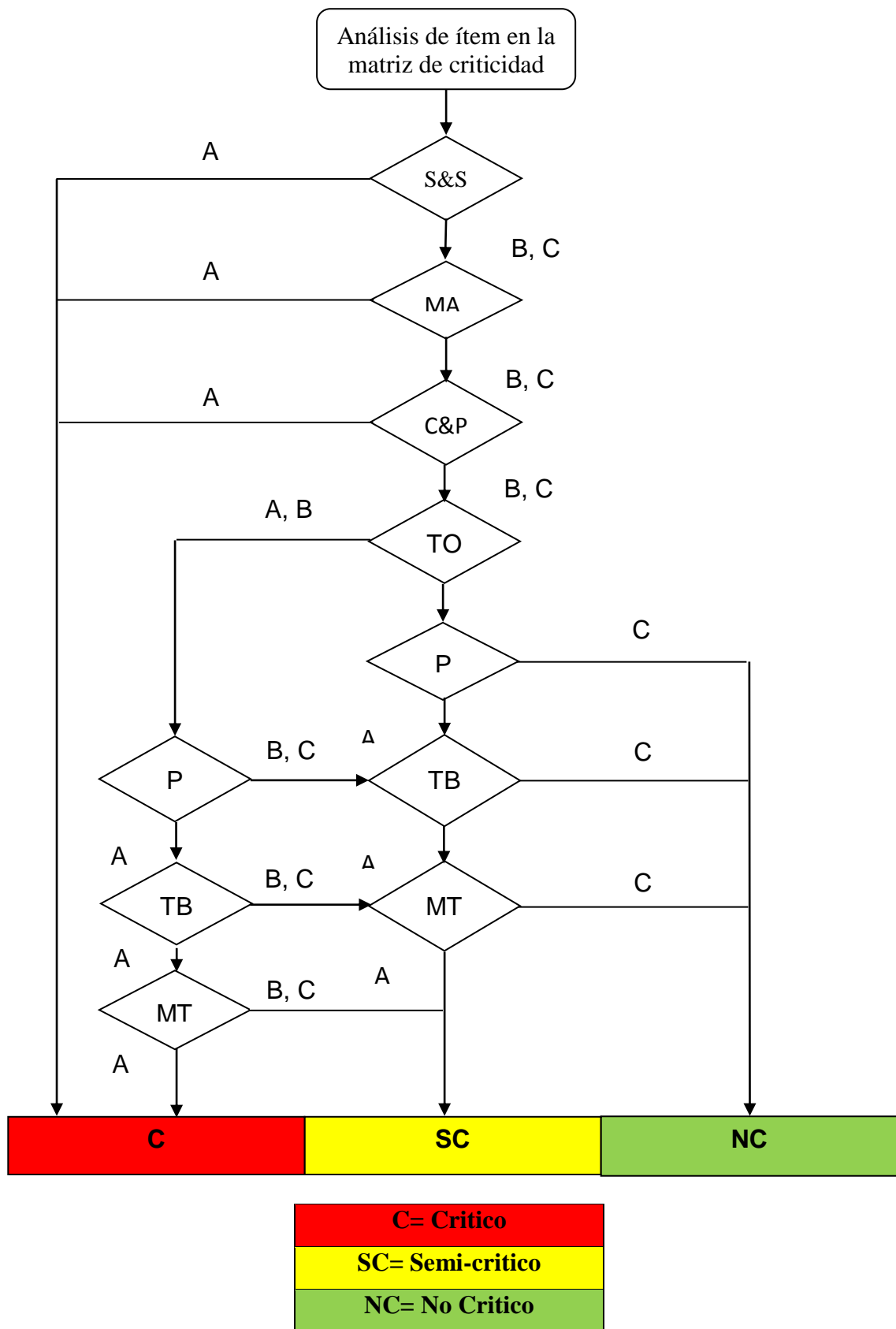
Tabla 20. (Continuación)

Equipo: Bomba de superficie Quintuplex National Oiwell 300Q-5H	
Causas de tareas no planeadas.	
Área de impacto	Criterio del análisis
Seguridad y salud(S&S)	A. Se determinó que es un riesgo alto ya que el equipo opera con presiones altas 3500 psi lo cual representa un impacto directo a la salud y seguridad de la vida del personal.
Medio ambiente(MA)	A. Se determinó que es un riesgo alto ya que la sustancia con la que se opera (petróleo) crea un alto índice de impacto ambiental lo que podría ocasionar un daño irreversible para la naturaleza.
Calidad y Productividad(C&P)	A. Se determinó como riesgo alto ya que es el encargado de suministrar el fluido de baja presión a alta presión 3500psi generando la constante producción del sistema.
Producción (P)	A. Se determinó como riesgo alto ya que se tiene un proceso en serie y afecta totalmente al proceso del sistema.
Operación de equipos	
Tiempos de operación (TO).	A. Se determinó como riesgo alto ya que el equipo opera las 24 horas diarias.
Equipo: Separador Horizontal y separador vertical	
Causas de tareas no planeadas.	
Área de impacto	Criterio del análisis
Seguridad y salud(S&S)	C. Se determinó como riesgo bajo ya que su funcionamiento no representa un impacto directo sobre la salud y seguridad del personal, además que tiene correctamente establecidas sus normativas de seguridad.
Medio ambiente(MA)	A. Se determinó que es un riesgo alto ya que la sustancia con la que se opera (petróleo) crea un alto índice de impacto ambiental lo que podría ocasionar un daño irreversible para la naturaleza.
Calidad y Productividad(C&P)	B. Se determinó como riesgo medio ya que es el encargado de separar los fluidos existentes en el pozo petrolero adamas que interviene en el funcionamiento y producción del sistema.
Producción (P)	A. Se determinó como riesgo alto ya que se tiene un proceso en serie y afecta totalmente al proceso del sistema.
Operación de equipos	
Tiempos de operación (TO).	A. Se determinó como riesgo alto ya que el equipo opera las 24 horas diarias.

Fuente: Autor

Seguidamente con los resultados del cuadro de criterios de criticidad, se ubica en flujograma de criticidad Figura 26, el cual su uso es en forma descendente analizando cada ítem que se presente en el mismo, clasificando a cada ítem como: crítico, semicrítico y no crítico.

Figura 26. Flujograma de criticidad



Fuente: HERNÁNDEZ, Eduardo. Gestión de mantenimiento

4.6.3 Cuadro de resultados del análisis de criticidad. Después de haber realizado el proceso de análisis de criticidad se llegó a la conclusión que los cinco equipos son críticos, debido a las condiciones que tienen, su régimen de trabajo, y las características propias del sistema de producción y que se encuentran operando bajo un sistema de diseño en serie.

Tabla 21. Cuadro de análisis de resultados


			CUADRO DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD			CÓDIGO: DOC-MANTTO-AC-01		
						VERSIÓN: 1		
						Fecha de elaboración: 2013-09-15		
						Fecha de modificación: 2013-09-15		
Elabora: Gino Guevara			Revisa: Ing. Eduardo Hernández			Aprueba: Dr. Marco Haro		
ÁREA: MANTENIMIENTO Y OPERACIONES					RESPONSABLE: Ing. José Paredes			
EQUIPO DE SUPERFICIE								
Proceso	Equipo	Código	Seguridad y salud (S&S)	Ambiente	Calidad y Prod.	Producción	Tiempos Operación	Criticidad
P R O D U C C I Ó N	Motor de Combustión Interna(CATERPILLAR 3406C)	MC01	C	C	A	A	A	C
	Caja de velocidades (EATON FULLER)	CV01	C	C	A	A	A	C
	Bomba de superficie(NATIONAL OILWELL 300Q-5H)	BQ01	A	A	A	A	A	C
	Separador horizontal	SH01	C	A	A	A	A	C
	Separador vertical	SV01	C	A	A	A	A	C

Fuente: Autor

4.7 Análisis de modos y efectos de fallos de los equipos críticos

Partiendo del estudio anterior, se tomarán los equipos críticos para analizar y determinar los parámetros que se contemplan dentro del amef, teniendo en cuenta que dichos factores dependerán del contexto operacional en el que se encuentren funcionando.

Tabla 22. Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de lubricación de la bomba quintuplex National Oilwell

		ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS			Código: DOC-MANTTO-AMEF-01	
					Versión: 1	
					Fecha de elaboración: 10-09-2013	
					Fecha de modificación: 10-09-2013	
ELABORA: Gino Guevara		REVISAR: Ing. Eduardo Hernández			APRUEBA: Dr. Marco Haro	
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES					RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes	
EQUIPO: BOMBA QUINTUPLEX NATIONAL OILWELL				SISTEMA: LUBRICACIÓN		
FUNCIÓN	TIPO DE FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTO DE FALLA	CONSECUENCIA	
Proveer lubricación limpia y suficiente a las partes móviles(Cigüeñal,cojinetes de biela y bancada engranajes, y cojinetes) del Power End	Primaria	No Proveer lubricación limpia	Filtros de aceite sucio	Recalentamiento del Power End,desgaste de cigüeñal, engranajes , cojinetes y chaquetas.Ruido permanente	No operacional	
			Filtros de aceite taponados		No operacional	
		Falta de lubricación en las partes móviles(Cigüeñal,cojinetes de biela y bancada engranajes) del Power End	Desgaste de las piezas móviles(Cigüeñal,cojinetes de biela y bancada engranajes, y cojinetes)	Ruido excesivo, desgaste entre estos elementos,presencia de humo, recalentamiento del Power end	Operacional	
Contribuye al proceso de refrigeración de las partes móviles(Cigüeñal,cojinetes de biela y bancada engranajes, y cojinetes)	Primaria	No realizar la función de refrigeración de las partes móviles	Pérdida de propiedades del aceite, de forma que no puede disipar calor	El calor generado por la fricción produce daños severos en los componentes internos de la caja reductora, impidiendo la transmisión de la potencia	No operacional	

Fuente: Autor

Tabla 23. Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de transmisión mecánica de la bomba quintuplex National Oilwell


		<h1>ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS</h1>			Código: DOC-MANTTO-AMEF-02
					Versión: 1
					Fecha de elaboración: 10-09-2013
					Fecha de modificación: 10-09-2013
ELABORA: Gino Guevara		REVISAR: Ing. Eduardo Hernández			APRUEBA: Dr. Marco Haro
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES			RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes		
EQUIPO: BOMBA QUINTUPLEX NATIONAL OILWELL				SISTEMA: TRANSMISIÓN MÉCANICA	
FUNCIÓN	TIPO DE FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODOS DE FALLA	EFFECTO DE FALLA	CONSECUENCIA
Transmitir el movimiento angular proveniente del motor bajando su velocidad de 4.38:1 y convertirlo en movimiento lineal alternante. Con una potencia de entrada de 300HP a 400 rpm y una potencia de salida de 270 HP y 400 rpm	Primaria	Transmitir el movimiento angular proveniente del motor bajando su velocidad de 4.38:1 y convertirlo en movimiento lineal alternante. Con una potencia de entrada de 250HP a 400 rpm y una potencia de salida de 220 HP a 400 rpm	Cojinetes de biela desgastados provocando deficiente transformación del movimiento lineal en rotativo y viceversa	Se producen golpes y vibraciones, rayadura de brazos de biela y cigüeñal. Generando deficiencia en el funcionamiento de la bomba	Operacional
			Chaquetas de cigüeñal desgastadas	Ruido y vibraciones excesivas, golpeteos	No operacional
			Aros pistón fisurados	Se presentan fugas del líquido bombeado por el interior de las paredes de la camisa, así como también pérdidas de presión en la cámara de fluido. En consecuencia, la eficiencia de la bomba disminuye	No operacional
			Rotura de dientes de engranajes de eje primario de la caja reductora	Ruido permanente y excesivo, contaminación de aceite lubricante, vibraciones. Pérdida la transmisión fuerza motriz	No operacional

Tabla 23. (Continuación)

Transmitir el movimiento angular proveniente del motor bajando su velocidad de 4.38:1 y convertirlo en movimiento lineal alternante. Con una potencia de entrada de 300HP a 400 rpm y una potencia de salida de 270 HP y 400 rpm	Primaria	Transmitir el movimiento angular proveniente del motor bajando su velocidad de 4.38:1 y convertirlo en movimiento lineal alternante. Con una potencia de entrada de 250HP a 400 rpm y una potencia de salida de 220 HP a 400 rpm	Desgaste de crucetas y del pasador	Produce golpes, ruido y vibración, debido a la holgura entre la biela. Por otra parte, el desajuste del pasador ocasiona una vibración momentánea en los elementos giratorios(engranajes, cojinetes ejes,cigueñal) suficiente para causar desgaste. También se presentan ruidos excesivos en la caja reductora	No operacional
			Desgaste excesivo de engranajes por falta de lubricación	Recalentamiento de los piñones de alta y baja, Ruido y vibraciones excesiva.	No operacional
			Desajuste de empaquetaduras	Genera recalentamiento y rayaduras en la barra pistón. Pérdidas del líquido bombeado y bajo flujo en la bomba	No operacional
			Cajas de empaque fracturadas	Las empaquetaduras sufren deformación excesiva producto del recalentamiento, se doblan hasta que finalmente se rompen y ocurre la filtración	No operacional
			Empaquetaduras de la tapa de transmisión rotas	Genera recalentamiento y rayaduras en la barra pistón. Pérdidas del líquido bombeado y bajo flujo en la bomba	No operacional
			Desajuste del prensa estopas	Prensa estopas se recalientan provocando la rotura y la fuga de crudo	Operacional
			Desgaste de prensaestopas	Fricción entre las tapas de descarga, recalentamiento y pérdida o fugas de crudo	Operacional

Fuente: Autor

Tabla 24. Análisis de modos y efectos de fallos del cuerpo estructural de la bomba quintuplex National Oilwell

		<h1>ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS</h1>		Código: DOC-MANTTO-AMEF-03	
Versión: 1					
Fecha de elaboración: 10-09-2013					
Fecha de modificación: 10-09-2013					
ELABORA: Gino Guevara		REVISA: Ing. Eduardo Hernández		APRUEBA: Dr. Marco Haro	
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES				RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes	
EQUIPO: BOMBA QUINTUPLEX NATIONAL OILWELL				SISTEMA: CUERPO ESTRUCTURAL	
FUNCIÓN	TIPO DE FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODOS DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONSECUENCIA
Dar estabilidad a la bomba y posibilitar el acople al Fluid End	Primaria	No proporcionar la estabilidad necesaria para un trabajo óptimo de la bomba	Pernos de anclaje sin el torque adecuado	Ruido excesivo, valores de vibracion superior a los niveles operacionales	No operacional
			Bases de la bomaba rotas		
			Desajuste de acoples de fuid end	Ruido, vibración y pérdida o fugas de crudo	Operacional

Fuente: Autor

Tabla 25. Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de admisión de la bomba quintuplex National Oilwell


	<h1>ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS</h1>			Código: DOC-MANTTO-AMEF-04	
				Versión: 1	
				Fecha de elaboración: 10-09-2013	
				Fecha de modificación: 10-09-2013	
ELABORA: Gino Guevara		REVISA: Ing. Eduardo Hernández		APRUEBA: Dr. Marco Haro	
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES				RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes	
EQUIPO: BOMBA QUINTUPLEX NATIONAL OILWELL				SISTEMA: ADMISIÓN	
FUNCIÓN	TIPO DE FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONSECUENCIA
Recibir el fluido y enviarlo a una presión 3500 PSI y potencia de 300HP a las cámaras de compresión, evitando fugas desde ellas hacia la zona de baja presión	Primaria	Recibir el fluido y enviarlo a una presión menor(3000 PSI) y potencia de 200HP a las cámaras de compresión	Desgaste de los plungers	Disminuye la presión a la que es enviado el fluido al pozo, pérdida de inyección de fluido. Ruido , golpeteo	Operacional
			Sellos de succión desgastados	Ruido tanto en las tapas de succión como de descarga, filtración o fugas de crudo	No operacional
			Sellos de descarga desgastados		
			Asiento del conjunto de válvula de admisión fisurado	Vibración perdida de succion de la bomba, fugas o pérdida de fluido	Operacional

Tabla 25. (Continuación)

<p>Recibir el fluido y enviarlo a una presión 3500 PSI y potencia de 300HP a las cámaras de compresión, evitando fugas desde ellas hacia la zona de baja presión</p>	<p>Primaria</p>	<p>Recibir el fluido y enviarlo a una presión menor(3000 PSI) y potencia de 200HP a las cámaras de compresión</p>	<p>Guía de el conjunto de válvula de admisión desalineado</p>	<p>No permite cerra o abrir correctamente a la válvula de admisión, provocando que el fluido no llegue a la cámara de compresión</p>	<p>Operacional</p>
			<p>Desgaste de la válvula del conjunto de admisión</p>		
			<p>Desgaste de los filos de la rosca de las tapas de descarga</p>	<p>Pérdida en la compresión de fluido debido a las fugas existentes</p>	<p>No operacional</p>
			<p>Fisuras en el múltiple de admisión</p>	<p>Pérdida o fugas del fluido enviado de la bomba booster. Pérdida de presión de inyección,esfuerzo excesivo de trabajo de los pistones, cigüeñal y cojinetes</p>	<p>No operacional</p>

Fuente: Autor

Tabla 26. Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de descarga de la bomba quintuplex National Oilwell

	<h1>ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS</h1>			Código: DOC-MANTTO-AMEF-05		
				Versión: 1		
				Fecha de elaboración: 10-09-2013		
				Fecha de modificación: 10-09-2013		
ELABORA: Gino Guevara		REVISA: Ing. Eduardo Hernández		APRUEBA: Dr. Marco Haro		
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES					RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes	
EQUIPO: BOMBA QUINTUPLEX NATIONAL OILWELL				SISTEMA: DESCARGA		
FUNCIÓN	TIPO DE FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONSECUENCIA	
Enviar el fluido a alta presión (3500 psi) mediante las líneas externas de alta presión, evitando su retorno hacia la zona de baja presión	Primaria	Enviar el fluido a alta presión menor (3000 psi) hacia las líneas externas de alta presión	Daño o desgaste de la válvula de descarga	No permite la salida del fluido dejando que se quede todo en la cámara de compresión	Operacional	
			Fisura de asiento del conjunto de descarga	Desaliniamiento de la válvula al momento de realizar su cierre. Golpeteos, ruidos	No operacional	
			Inserto del conjunto de descarga desgastado	Pérdida de succión al no sellar el asiento y válvula, pérdida o fugas de crudo	No operacional	

Tabla 26. (Continuación)

Enviar el fluido a alta presión (3500 psi) mediante las líneas externas de alta presión, evitando su retorno hacia la zona de baja presión	Primaria	No enviar el fluido de alta presión al cabezal del pozo.	Rotura del resorte de de conjunto de descarga	Hace que la válvula de descarga permanezca abierta provocando que esta no realice su compresión	Operacional
			Desgaste de las tapas de descarga	Pérdida de presión sobre el resorte y por ende no permite cerrar correctamente la válvula, fugas de crudo por las paredes del fluid end	No operacional
			Rotura de los conductos de descarga	No envia el fluido o crudo de inyección al pozo, derrames, liqueo de crudo	Operacional
			Conductos de descarga corroidos	Fugas de crudo, pérdida de succión, vibración por esfuerzo de la bomba. No hay buena inyección de fluido	No operacional

Fuente: Autor

Tabla 27. Análisis de modos y efectos de fallos de la caja de velocidades Eaton Fuller


		ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS			Código: DOC-MANTTO-AMEF-01			
					Versión: 1			
					Fecha de elaboración: 10-09-2013			
					Fecha de modificación: 10-09-2013			
ELABORA: Gino Guevara			REVISAR: Ing. Eduardo Hernández			APRUEBA: Dr. Marco Haro		
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES							RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes	
EQUIPO: CAJA DE VELOCIDADES EATON FULLER					SISTEMA: TRANSMISIÓN			
FUNCIÓN		TIPO DE FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		CONSECUENCIA	
Transformar las revoluciones generadas por el motor de 1800 a 400 rpm designdas en el regimen de trabajo de la bomba quintuplex		Primaria	Transformar las revoluciones generadas por el motor de 1800 a 300 rpm , o lo hace de manera deficiente	Desagaste de dientes de engranajes del eje primario	Vibración superior a a los valores normales, ruido, valores bajos de caudal registrados en el MCCII		Opercional	
				Desgaste de dientes de engranajes del eje secundario			Opercional	
				Rotura de líneas de lubricación	Recalentamiento,desgaste entre elementos, ruido		No operacional	
				Pérdida de las propiedades del aceite	Desgaste excesivo y sobre calentamiento,funcionamiento incorrecto		Operacional	

Tabla 27. (Continuación)

Transmitir movimiento con un par motor de 1000 libras pies	Primaria	Transmite movimiento con un par motor menor(700 libras pies)	Recalentamiento del disco embrague	Precensia de humo y ruido excesivo, parada del proceso	Operacional
			Desgaste de dientes del disco de embrague	Funcionamiento irregular acoplamiento del disco de embrague y plato de presión. Pérdida de potencia , torque y eficiencia	Operacional
			Desgaste de engranajes del eje intermedio	Pérdida de torque funcionamiento irregular	Operacional
			Disco embrague patina	No permite el correcto ingreso de marchas, ruido	Operacional
			Desgaste de conjunto sincronizadores	Ruido excesivo y funcionamiento irregular	No operacional
			Mando de embrague desajutado	Marchas entran con dificultad. Desgaste	No operacional

Fuente: Autor

Tabla 28. Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de combustible del motor de combustión interna Caterpillar 3406C


		ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS		Código: DOC-MANTTO-AMEF-01			
				Versión: 1			
				Fecha de elaboración: 10-09-2013			
				Fecha de modificación: 10-09-2013			
ELABORA: Gino Guevara		REVISAR: Ing. Eduardo Hernández		APRUEBA: Dr. Marco Haro			
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES						RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes	
EQUIPO: Motor de combustión interna caterpillar 3406c				SISTEMA: COMBUSTIBLE			
FUNCIÓN		TIPO DE FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONSECUENCIA	
Dosificar e inyectar la cantidad exacta de combustible dentro de la cámara de combustión, en el instante preciso, atomizado y a alta presión		Primaria	Incapaz de inyectar combustible, o lo hace de manera deficiente	Fallo de sellos que separa el aceite del combustible	Rayadura en las paredes del cilindro, desgaste excesivo de piezas(engranajes,cigüeñal,arbol de levas,chaquetas otros.)	Operacional	
				Colocador y lineas de combustible restringidos	Tacómetro del motor marca 1200rpm registrando pérdida de potencia, funcionamiento irregular. Posibilidad de detención	Operacional	
				Lineas de distribuciónde combustible taponadas	Humo negro o gris. Manómetro de nivel de combustible disminuye, cascabeleo del motor	Operacional	
				Boquilla rociadora o orificios del inyector bomba obstridos	Tacómetro del motor marca 1200rpm registrando pérdida de potencia, funcionamiento irregular. Posibilidad de detención	No operacional	

Tabla 28. (Continuación)

Dosificar e inyectar la cantidad exacta de combustible dentro de la cámara de combustión, en el instante preciso, atomizado y a alta presión	Primaria	Incapaz de inyectar combustible, o lo hace de manera deficiente	Orificios del inyector agrandados	Presencia de humo negro o gris. Aumento de la presión del manómetro	No operacional
			Acumulación de suciedad en el inyector	Baja las revoluciones del motor cascabeleo o irregularidad de funcionamiento	No operacional
Transferir el combustible desde el estanque a los inyectores de combustible a una presión entre 60 y 80 psi y devolver el exceso al estanque	Primaria	Incapaz de transferir el combustible	Rotura de líneas y conexiones de combustible	Baja la presión del manómetro de combustible, desmayo del motor	Operacional
			Conexiones sueltas entre la bomba de combustible, línea de aspiración y el tanque	Tacómetro del motor marca 1200rpm registrando pérdida de potencia, funcionamiento irregular. Posibilidad de detención. Posibilidad de derrame de combustible	Operacional
			Filtros de combustible taponados	Falta de combustible, se apaga el motor	Operacional
			Engranaje de la bomba desgastados	Disminuye el combustible, motor no enciende o funcionamiento irregular	Operacional

Fuente: Autor

Tabla 29. Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de lubricación del motor de combustión interna Caterpillar 3406C


		<h1>ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS</h1>		Código: DOC-MANTTO-AMEF-02	
				Versión: 1	
				Fecha de elaboración: 10-09-2013	
				Fecha de modificación: 10-09-2013	
ELABORA: Gino Guevara		REVISA: Ing. Eduardo Hernández		APRUEBA: Dr. Marco Haro	
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES				RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes	
EQUIPO: Motor de combustión interna caterpillar 3406c				SISTEMA: LUBRICACIÓN	
FUNCIÓN	TIPO DE FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONSECUENCIA
Trasferir el aceite lubricante desde el carter hacia los filtros de aceite,enfriador de aceite y galeria principal del aceite en el bloque de cilindros a una presión entre 52 y 70 psi	Primaria	Incapaz de transferir el aceite lubricante, o lo hace a una presión inferior a 52 psi	Filtro de aceite taponado	Sobrecalentamiento del motor, pérdida de lubricación de elementos moviles(engranajes,cigüeñal,chaqueta s,cojinetes) del motor	No operacional
			Enfriador de aceite obstruido	Temperatura excesivamente alta del aceite lubricante	No operacional
			Tapones del cigüeñal o arbol de levas obstruidos	Baja presión de aceite, circulación pobre del motor, Sobrecalentamiento	No operacional
			Tamices de admisión parcialmente obstruidos	Baja presión de aceite, circulación pobre del motor, Sobrecalentamiento	No operacional
			Cañerías ,lineas de lubricación taponadas	Pérdida de circulación de aceite, sobrecalentamiento	No operacional
			Fuga de aire en la aspiración de la bomba	Pérdida de presión de aceite	No operacional

Tabla 29. (Continuación)

	Primaria	Transfiere el aceite lubricante a una presión mayor a 52 psi.	Filtros de aceite sucios	Aumento de presión de aceite, falta de lubricante en los elementos rodantes lo cual provoca desgaste	No operacional
			Conduitos internos de distribución de aceite taponados	Elevada presión, presencia de humo negro	No operacional
Lubricar elementos del motor	Primaria	Incapaz de lubricar o lo hace de manera defectuosa	Pérdida de propiedades del aceite	Desgaste excesivo. Sobre calentamiento	No operacional
			Atascamiento de engranajes de la bomba de aceite	Baja presión de aceite produciendo desgaste interno. Ruido y vibración excesiva, sobre calentamiento, olor a quemado	Operacional
Contener el aceite lubricante	Contención	Incapaz de contener el aceite lubricante por fugas	Cárter fisurado	Aumento de presión, pérdida de aceite proporcional al daño desgaste excesivo de los elementos rodantes, ruido, vibración	Operacional
			Conexiones entre la bomba y las líneas de distribución de aceite desgastados	Aumento de presión, fugas de aceite en las líneas de distribución	No operacional
			Damper de aceite obstruido	Fuga de aceite por interior de cigüeñal	No operacional

Fuente: Autor

Tabla 30. Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de admisión de aire del motor de combustión interna Caterpillar 3406C


	<h1>ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS</h1>				Código: DOC-MANTTO-AMEF-03
					Versión: 1
					Fecha de elaboración: 10-09-2013
					Fecha de modificación: 10-09-2013
ELABORA: Gino Guevara		REVISAR: Ing. Eduardo Hernández			APRUEBA: Dr. Marco Haro
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES					RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes
EQUIPO: Motor de combustión interna caterpillar 3406c				SISTEMA: ADMISIÓN DE AIRE	
FUNCIÓN	TIPO DE FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONSECUENCIA
Suministrar una masa de aire comprimida al interior de los cilindros	Primaria	Incapaz de suministrar la masa de aire, o inyectora menos de lo debido	Lóbulos del soplador trabados por agentes extraños	Poca potencia debido a la mezcla pobre	No operacional
			Desgaste de los cojinetes	Soplador funciona forzado y no proporciona la masa debida.Pérdida de potencia	No operacional
		Proporción de masa de aire se desvía hacia el cárter.	Junta entre el soplador y el bloque dañada	Alta presión del cárter	No operacional
			Fugas por los acoples del múltiple de admisión y el bloque	Alta presión del cárter. No realiza la compresión adecuadamente	No operacional

Tabla 30. (Continuación)

	Primaria		Anillos de lubricación gastados	Compresión baja. Pérdida de potencia. Alta presión del cárter. Aire pasa desde la cámara de combustión al cárter produciendo un aumento de presión	No operacional
			Camisa del cilindro fisurada	Alta presión del cárter. Compresión baja. Pérdida de potencia	Operacional
			Pistón rajado/quebrado	Alta presión del cárter. Compresión baja. Pérdida de potencia	Operacional
			Juntas de las culatas de los cilindros en mal estado	Alta presión del cárter. Compresión baja. Pérdida de potencia	No operacional
Aumentar la eficiencia del motor	Primaria	Incapaz de aumentar la eficiencia del motor	Obstrucción en las tuberías o canales de admisión de la carcasa central del turbo	Falta de compresión. Exceso de humo y pérdida de potencia	No operacional
			Obstrucción en el sistema de admisión de	Pérdida de potencia	No operacional
			Acumulación de suciedad en el compresor	Pérdida de potencia	No operacional

Fuente: Autor

Tabla 31. Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de enfriamiento del motor de combustión interna Caterpillar 3406C


		<h1>ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS</h1>		Código: DOC-MANTTO-AMEF-04	
				Versión: 1	
				Fecha de elaboración: 10-09-2013	
				Fecha de modificación: 10-09-2013	
ELABORA: Gino Guevara		REVISA: Ing. Eduardo Herdandez		APRUEBA: Dr. Marco Haro	
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES				RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes	
EQUIPO: MOTOR DE COMBUSTION INTERNA CATERPILLAR 3406C				SISTEMA: ENFRIAMIENTO	
FUNCIÓN	TIPO DE FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONSECUENCIA
Mantener una temperatura adecuada de funcionamiento del motor y del líquido refrigerante entre 81 y 95°C	Primaria	No mantiene una temperatura adecuada de funcionamiento, la cual esta por debajo de los 81°C	Fugas excesivas por el sello del termostato	Presencia de humo de negro. Motor no logra alcanzar su potencia nominal	Operacional
		No mantiene una temperatura adecuada de funcionamiento, la cual esta por sobre los 95°C	Mangueras deterioradas o dobladas	Alta temperatura de refrigerante, lo que provocará un calor excesivo del motor. Con ello la pelicula de aceite lubricante se adelgazará en exceso, perdera sus propiedades lubricantes y refrigerantes, lo que podria ocasionar el desgaste de piezas y componentes internas	No operacional
			Formación de escamas en el circuito de refrigeración	Alta temperatura de refrigerante, las escamas y depositos pueden ocasionar fallas en el sistema de enfriamiento si aíslan el refirgerante de los componentes. Es frecuente ver cabezas o monobloques fracturados,deterioro de mangueras,perdida de potencia,contaminación de aceite y fallas en el sistema de escape cuando hay una condición de sobrecalentamiento	No operacional

Tabla 31. (Continuación)

Bombear el líquido refrigerante por los enfriadores de aceite, el bloque de cilindros las culatas y el intercambiador de calor	Primaria	Incapaz de bombear el líquido refrigerante o lo hace de manera defectuosa	Impulsor de la bomba de agua suelto o dañado	Sobrecalentamiento del motor por poca circulación de refrigerante	No operacional
			Cavitación debido a aire atrapado en el sistema	La cavitación es ocasionada por burbujas de aire que colapsan en el exterior de las paredes de las camisas de los cilindros durante la combustión, provocando erosión en las camisas	No operacional
Regular el flujo del refrigerante proveniente de los múltiples de agua y recircularlo por el motor según temperatura	Control	Incapaz de regular el flujo de refrigerante o lo hace de manera incorrecta	Termostato no cierra	Funcionamiento con temperatura baja . Poca potencia. Presencia de humo blanco	Operacional
Contener el líquido refrigerante	Contención	Incapaz de contener el líquido refrigerante	Desgaste de los sellos eje bomba	Pérdida del nivel de refrigerante provocando un aumento de temperatura	No operacional

Fuente: Autor

Tabla 32. Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de eléctrico del motor de combustión interna Caterpillar 3406C



		ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS			Código: DOC-MANTTO-AMEF-05
					Versión: 1
					Fecha de elaboración: 10-09-2013
					Fecha de modificación: 10-09-2013
ELABORA: Gino Guevara		REVISAR: Ing. Eduardo Herdandez			APRUEBA: Dr. Marco Haro
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES				RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes	
EQUIPO: MOTOR DE COMBUSTION INTERNA CATERPILLAR 3406C				SISTEMA: ELÉCTRICO	
FUNCIÓN	TIPO DE FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODOS DE FALLA	EFFECTO DE FALLA	CONSECUENCIA
Proveer la fuente de energía para arrancar el motor y cumplir los requerimientos eléctricos de éste	Primaria	Incapaz de suministrar energía	Banco de Baterías descargado	Motor no arranca	Operacional
			Conexiones eléctricas dañadas o sueltas	Motor no arranca	Operacional
			Bornes en mal estado	Motor no arranca	Operacional
		Incapaz de hacer arrancar el motor	Bendix del motor de arranque pegado	Motor no arranca	Operacional

Tabla 32. (Continuación)

	Primaria	Incapaz de hacer arrancar el motor	Dientes del piñón del motor de arranque desgastados	Dependiendo del grado de fractura es posible que no alcancen a engranar correctamente los dientes y el volante no alcance la inercia necesaria para que parta el motor	No operacional
			Depósitos de carbón entre las delgas del motor de arranque	Perdida de fuerza del motor de arranque. Con ello no gira a la velocidad necesaria para arrancar el motor	No operacional
			Inducido del motor de arranque quemado	Motor de arranque no gira	Operacional
Mantener la carga de la batería.	Soporte	Incapaz de mantener la carga de la batería	Regulador de carga del alternador quemado	Batería no cargará, el sistema de protección se encuentra inoperativo debido a la falta de electricidad	Operacional


Fuente: Autor

Tabla 33. Análisis de modos y efectos de fallos del sistema de escape del motor de combustión interna Caterpillar 3406C

		ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS			Código: DOC-MANTTO-AMEF-06	
					Versión: 1	
					Fecha de elaboración: 10-09-2013	
					Fecha de modificación: 10-09-2013	
ELABORA: Gino Guevara		REVISAR: Ing. Eduardo Hernandez			APRUEBA: Dr. Marco Haro	
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES					RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes	
EQUIPO: MOTOR DE COMBUSTION INTERNA CATERPILLAR 3406C				SISTEMA: ESCAPE		
FUNCIÓN	TIPO DE FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONSECUENCIA	
Abrir y cerrar las canalizaciones (válvulas de escape) por donde escapan los gases quemados del interior de los cilindros	Primaria	Abre o cierra las válvulas de manera defectuosa.	Válvula de escape pegajosa, por depósitos de carbón en asientos o cabeza de válvula	Se produce una pérdida de compresión.Pérdida de potencia	No operacional	
			Válvula doblada	Posibles daños en la guía e inserto de la válvula.Debido a que las válvulas o asientan bien se produce una pérdida de compresión. Esto conlleva a una pérdida de potencia	No operacional	
			Válvula de escape fisurada	Ruido y golpeteo excesivo, Pérdida considerable de potencia, ya que todas las válvulas asientan	No operacional	
Conducir todos los gases quemados a un punto situado fuera de la sala de generación	Contención	Incapaz de conducir los gases o hay demasiada contrapresión de escape	Rotura de tubería de escape	Presencia de humo excesivo, incorrecta salida de los gases quemados	No operacional	


Fuente: Autor

Tabla 34. Análisis de modos y efectos de fallos del separador horizontal

		ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS			Código: DOC-MANTTO-AMEF-01
					Versión: 1
					Fecha de elaboración: 10-09-2013
					Fecha de modificación: 10-09-2013
ELABORA: Gino Guevara		REVISA: Ing. Eduardo Hernández			APRUEBA: Dr. Marco Haro
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES					RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes
EQUIPO: SEPARADOR HORIZONTAL					
FUNCIÓN	TIPO DE FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONSECUENCIA
Separa el agua petróleo y gas del fluido proveniente del yacimiento	Primaria	Incapaz de separar el agua petróleo y gas del fluido proveniente del yacimiento	Válvula relief con juego	Aumento de presión	Operacional
			Válvula de producción obstruida	Acumulación del crudo y sobrepresión	Operacional
			Válvula de la línea de producción mal cerrada o en mal estado	Circulación deficiente del fluido	No operacional
Contener 30 bls de crudo proveniente del yacimiento a una presión 60 psi	Contención	No contener 40 bls de crudo proveniente del yacimiento a una presión 60 psi	Válvulas de distribución de fluidos sucias	Disminución del nivel de fluido y presión	Operacional
			Disminución del espesor de las paredes del separador	Aumento excesivo de presión	Operacional
Suministra los fluidos y realiza el proceso de separación para luego enviarlos al tanque de almacenamiento o línea de producción	Primaria	No suministra los fluidos y por ende no realiza el proceso de separación el cual no permite transportar tanque de almacenamiento o línea de producción	Desgaste excesivo de tuberías por corrosión	Transportación deficiente o no hay circulación del fluido	Operacional
			Válvula de flujo y gas obstuidas o taponadas	Aumento de presión, funcionamiento irregular , baja la producción	Operacional

Fuente: Autor

Tabla 35. Análisis de modos y efectos de fallos del separador vertical

		ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS			Código: DOC-MANTTO-AMEF-01
					Versión: 1
					Fecha de elaboración: 10-09-2013
					Fecha de modificación: 10-09-2013
ELABORA: Gino Guevara		REVISA: Ing. Eduardo Hernández			APRUEBA: Dr. Marco Haro
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES					RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes
EQUIPO: SEPARADOR VERTICAL					
FUNCIÓN	TIPO DE FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODOS DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CONSECUENCIA
Contener 30 bls de crudo proveniente del yacimiento a una presión 60 psi	Contención	No Contener 30 bls de crudo proveniente del yacimiento a una presión 60 psi	Válvulas de distribución de fluidos taponadas	Disminución del nivel de fluido y presión	Operacional
			Disminución del espesor de las paredes del separador	Aumento excesivo de presión	Operacional
Suministra los fluidos y realiza el proceso de separación para luego enviarlos al tanque de almacenamiento o línea de producción	Primaria	No Suministra los fluidos y por ende no realiza el proceso de separación el cual no permite transportar tanque de almacenamiento	Desgaste excesivo de tuberías por corrosión	Transportación deficiente o no hay circulación del fluido	Operacional
			Válvula de flujo y gas obstuidas o taponadas	Aumento de presión, funcionamiento irregular , baja la producción	Operacional

Fuente: Autor

Una parte importante del amef es evaluar a los modos de fallo y así deducir si la consecuencia es: fallas ocultas, seguridad y ambiente, operacional, y no operacional.

El siguiente paso de esta metodología es establecer el tipo de tarea y su grado de factibilidad, esto se fundamenta con el diagrama de evaluación de tareas, el cual presenta como opciones estipular a la tarea como: predictiva, preventiva o alternativa, proyectando así una mejor apreciación para el personal de mantenimiento acerca de que enfoque tiene el plan de mantenimiento y crear estrategias que contribuyan a la ejecución del plan.


Se concluye que el estudio permitirá establecer tareas de mantenimiento que mitiguen los modos de fallos detectados en los componentes de los equipos; además, mediante las tablas diseñadas se podrá generar un plan de mantenimiento de acuerdo al estado técnico de los equipos.

4.8 Determinación del plan de mantenimiento preventivo para los equipos de MKPSERVIC Servicios Petroleros Cía. Ltda.

Para el desarrollo del plan de mantenimiento del equipo de superficie se parte de los modos de fallos designados anteriormente en el análisis de modos y efectos de fallos, al cual se tiene que analizar la tarea, frecuencia, y el personal que se encargará de corregir este fallo a más de ello se tendrá que analizar el tipo de mantenimiento y la evaluación de factibilidad mediante el uso del diagrama de evaluación de tareas (ver Anexo A).

Para una aplicación eficiente del plan de mantenimiento generado es necesario realizar la programación de las tareas mediante un procedimiento de ejecución que abarca la emisión y el correcto registro de la información obtenida en las intervenciones del personal de mantenimiento; luego de ello se procederá a organizar las tareas de tal forma que se logre aprovechar el talento humano, disminuir tiempos improductivos e incrementar la vida útil de los elementos.

Tabla 36. Plan de mantenimiento del sistema de lubricación de la bomba quintuplex National Oilwell

	PLAN DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-PLANM-01		
			Versión: 1		
			Fecha de elaboración: 10-09-2013		
			Fecha de modificación: 10-09-2013		
ELABORA: Gino Guevara	REVISA: Ing. Eduardo Hernández	APRUEBA: Dr. Marco Haro			
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES		RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes			
EQUIPO: BOMBA QUINTUPLEX NATIONAL OIL WELL			SISTEMA: LUBRICACIÓN		
MODO DE FALLA	TAREA	TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD	RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO
Filtros de aceite sucio	Cambio de aceite y filtros	Preventiva de sustitución	3000h(18 semanas)	Factible Técnicamente	Técnico de mantenimiento
Filtros de aceite taponados	Cambio de aceite y filtros	Preventiva de sustitución	3000h(18 semanas)	Factible Técnicamente	Técnico de mantenimiento
Desgaste de las piezas móviles(Cigüeñal,cojinetes de biela y bancada engranajes, y cojinetes)	Controle que el sistema de aceite lubricante del sistema de impulsión no presente pérdidas	Preventiva de restauración	DIARIA	Factible Técnicamente	Técnico de mantenimiento
Pérdida de propiedades del aceite, de forma que no puede discipar calor	Aplicar mantenimieno predictivo mediante la técnica de análisis de aceite	Predictiva	125h (1semana)	Sostenible	Técnico de mantenimiento

Fuente: Autor

Tabla 37. Plan de mantenimiento de transmisión mecánica de la bomba quintuplex National Oilwell



	PLAN DE MANTENIMIENTO	Código: DOC-MANTTO-PLANM-02			
		Versión: 1			
		Fecha de elaboración: 10-09-2013			
		Fecha de modificación: 10-09-2013			
ELABORA: Gino Guevara	REVISAR: Ing. Eduardo Hernández	APRUEBA: Dr. Marco Haro			
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES			RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes		
EQUIPO: BOMBA QUINTUPLEX NATIONAL OILWELL			SISTEMA: TRANSMISIÓN MÉCANICA		
MODO DE FALLA	TAREA	TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD	RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO
Cojinetes de biela desgastadas provocando deficiente transformación del movimiento lineal en rotativo y viceversa	Revisar estado de cojinetes del cigüeñal	Preventiva de restauración	3000h(18 semanas)	Factible Técnicamente	Técnico de mantenimiento
Chaquetas de cigüeñal desgastadas	Revisar estado de chaquetas del cigüeñal	Preventiva de restauración	3000h(18 semanas)	Factible Técnicamente	Técnico de mantenimiento
Aros pistón fisurados	Cambio de émbolos y aros	Preventiva de sustitución	5000h(30 semanas)	Factible Técnicamente	Técnico de mantenimiento
Rotura de dientes de engranajes de eje primario de la caja reductora	Aplicar mantenimiento predictivo mediante la técnica de vibraciones	Predictivo	5000h(30 semanas)	Sostenible	Técnico de mantenimiento

Tabla 37. (Continuación)

Desgaste de crucetas y del pasador	Revisión y engrase de cructas y pasador	Preventiva de restauración	250h(2 semanas)	Factible Técnicamente	Técnico de mantenimiento
Desgaste excesivo de engranajes por falta de lubricación	Cambio de filtros y caite	Preventiva de sustitución	250h(2 semanas)	Factible Técnicamente	Técnico de mantenimiento
Desajuste de empaquetaduras	Cambio de empaquetaduras del fluid end	Preventiva de sustitución	3000h(18 semanas)	Factible Técnicamente	Técnico de mantenimiento
Cajas de empaque fracturadas	Cambio de empaquetaduras del fluid end	Preventiva de sustitución		Factible Técnicamente	
Empaquetaduras de la tapa de transmisión rotas	Cambio de empaquetaduras del fluid end	Preventiva de sustitución		Factible Técnicamente	
Desajuste del prensa estopas	Remplace todos los anillos de presión del prensaestopas y anillos de cubierta	Preventiva de sustitución	300h(2 semanas)	Factible Técnicamente	Técnico de mantenimiento
Desgaste de prensaestopas	Cambio de conjunto prensaestopas	Preventiva de sustitución	300h(2 semanas)	Factible Técnicamente	Técnico de mantenimiento

Fuente: Autor

Tabla 38. Plan de mantenimiento del cuerpo estructural de la bomba quintuplex National Oilwell

	PLAN DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-PLANM-03		
			Versión: 1		
			Fecha de elaboración: 10-09-2013		
			Fecha de modificación: 10-09-2013		
ELABORA: Gino Guevara	REVISAR: Ing. Eduardo Hernández		APRUEBA: Dr. Marco Haro		
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES			RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes		
EQUIPO: BOMBA QUINTUPLEX NATIONAL OILWELL			SISTEMA: CUERPO ESTRUCTURAL		
MODO DE FALLA	TAREA	TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD	RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO
Pernos de anclaje sin el torque adecuado	Revisión y ajuste de pernos de anclaje	Preventiva de restauración	Diaria	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Bases de la bomba rotas	Revisión de estado de bases	Preventiva de restauración	Diaria	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Desajuste de acoples de fluid end	Revisión y ajuste de acoples del fluid end	Preventiva de restauración	250h(2 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento


Fuente: Autor

Tabla 39. Plan de mantenimiento del sistema de admisión de la bomba quintuplex National Oilwell

	PLAN DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-PLANM-04		
			Versión: 1		
			Fecha de elaboración: 10-09-2013		
			Fecha de modificación: 10-09-2013		
ELABORA: Gino Guevara	REVISAR: Ing. Eduardo Hernández	APRUEBA: Dr. Marco Haro			
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes					
EQUIPO: BOMBA QUINTUPLEX NATIONAL OILWELL			SISTEMA: ADMISIÓN		
MODO DE FALLA	TAREA	TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD	RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO
Desgaste de los plungers	Cambio de plungers	Preventiva de sustitución	5000h(30 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Sellos de succión desgastados	Remplace los sellos de succión	Preventiva de sustitución	1000h(6 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Sellos de descarga desgastados	Remplace sellos de descarga	Preventiva de sustitución	1000h(6 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Asiento del conjunto de válvula de admisión fisurado	Remplace asientos, canastillas y válvulas de admisión	Preventiva de sustitución	3000h(18 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Guía de el conjunto de válvula de admisión desalineado	Remplace asientos, canastillas y válvulas de admisión	Preventiva de sustitución	3000h(18 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Desgaste de la válvula del conjunto de admisión	Remplace asientos, canastillas y válvulas de admisión	Preventiva de sustitución	3000h(18 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Desgaste de los filos de la rosca de las tapas de descarga	Revisión y limpieza de las tapas de descarga	Preventiva de restauración	10000(52 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Fisuras en el múltiple de admisión	Remplace el múltiple de admisión	Preventiva de sustitución	Overhaul	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento

Fuente: Autor

Tabla 40. Plan de mantenimiento del sistema de descarga de la bomba quintuplex National Oilwell

	PLAN DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-PLANM-05		
			Versión: 1		
			Fecha de elaboración: 10-09-2013		
			Fecha de modificación: 10-09-2013		
ELABORA: Gino Guevara	REVISAR: Ing. Eduardo Hernández	APRUEBA: Dr. Marco Haro			
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES		RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes			
EQUIPO: BOMBA QUINTUPLEX NATIONAL OILWELL			SISTEMA: DESCARGA		
MODO DE FALLA	TAREA	TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD	RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO
Daño o desgaste de la válvula de descarga	Reemplace asiento, canastilla, inserto y válvula de descarga	Preventiva de sustitución	3000h(18 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Fisura de asiento del conjunto de descarga	Reemplace asiento, canastilla, inserto y válvula de descarga	Preventiva de sustitución	3000h(18 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Inserto del conjunto de descarga desgastado	Reemplace asiento, canastilla, inserto y válvula de descarga	Preventiva de sustitución	3000h(18 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Rotura del resorte de de conjunto de descarga	Reemplace asiento, canastilla, inserto y válvula de descarga	Preventiva de sustitución	3000h(18 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Desgaste de las tapas de descarga	Cambio de tapas de descarga	Preventiva de sustitución	Overhaul	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Rotura de los conductos de descarga	Cambio de los conductos de descarga	Preventiva de sustitución	Overhaul	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Conductos de descarga corroídos	Revisión y limpiezas de conductos de descarga	Preventiva de restauración	5000h(30 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento

Fuente: Autor

Tabla 41. Plan de mantenimiento de la caja de velocidades Eaton Fuller


	PLAN DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-PLANM-01		
			Versión: 1		
			Fecha de elaboración: 10-09-2013		
			Fecha de modificación: 10-09-2013		
ELABORA: Gino Guevara	REVISA: Ing. Eduardo Hernández	APRUEBA: Dr. Marco Haro			
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES			RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes		
EQUIPO: CAJA DE VELOCIDADES EATON FULLER			SISTEMA: TRANSMISIÓN		
MODO DE FALLA	TAREA	TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD	RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO
Desagaste de dientes de engranajes del eje primario	Revisión del conjunto de ejes	Predictiva	3000 h(18 semanas)	Sostenible	Técnico de mantenimiento
Desgaste de dientes de engranajes del eje secundario	Revisión del conjunto de ejes	Predictiva	3000h(18 semanas)	Sostenible	Técnico de mantenimiento
Rotura de líneas de lubricación	Revision del nivel de aceite y líneas de lubricación	Preventiva de restauración	Diaria	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Pérdida de las propiedades del aceite	Aplicar mantenimiento predictivo mediante la técnica de análisis de aceite	Preventiva de sustitución	125 h (1 semana)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento

Tabla 41. (Continuación)

Recalentamiento del disco embrague	Alineación y reajuste del acoplamiento	Prevetiva de sustitución	3000h(18 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Desgaste de dientes del disco de embrague	Revisión y lubricación de rodamiento de disco de embrague	Preventiva de restauración	125h(1 semana)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Desgaste de engranajes del eje intermedio	Revisión y cambio de eje intermedio	Preventiva de sustitución	3000h(18 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Disco embrague patina	Ajustar el tope del cable dejando la holgura recomendada	Preventiva de restauración	5000h(30 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Desgaste de conjunto sincronizadores	Inspección de conjunto sincronizadores	Preventiva de sustitución	3000h(18 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Mando de embrague desajustado	Tensar el cable y ajustarlo a su tope	Preventiva de restauración	5000h(30 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento

Fuente: Autor

Tabla 42. Plan de mantenimiento del sistema de combustible del motor de combustión interna Caterpillar 3406C


	PLAN DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-PLANM-01		
			Versión: 1		
			Fecha de elaboración: 10-09-2013		
			Fecha de modificación: 10-09-2013		
ELABORA: Gino Guevara	REVISAR: Ing. Eduardo Hernández		APRUEBA: Dr. Marco Haro		
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES			RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes		
EQUIPO: MOTOR DE COMBUSTION INTERNA CATERPILLAR 3406C			SISTEMA: COMBUSTIBLE		
MODO DE FALLA	TAREA	TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD	RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO
Fallo de sellos que separa el aceite del combustible	Cambio de sellos	Preventiva sustitución	1000h(6 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Colocador y líneas de combustible restringidos	Limpieza y verificación elementos del colador	Preventiva de restauración	2000h(12 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Líneas de distribución de combustible taponadas	Reajuste de líneas de combustible	Preventiva de restauración	1000h(6 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Boquilla rociadora o orificios del inyector bomba obstridos	Revisión y limpieza de inyectores	Preventiva de restauración	5000h(30 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento

Tabla 42. (Continuación)

Orificios del inyector agrandados	Revisión y limpieza de inyectores	Preventiva de restauración	5000h(30 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Acumulación de suciedad en el inyector	Cambios de filtro de combustible primario y secundario y verifique la calidad de combustible	Prevetiva de sustitución	250h(2 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Rotura de líneas y conexiones de combustible	Revision del nivel y líneas de combustible	Preventiva de restauración	Diaria	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Conexiones sueltas entre la bomba de combustible, línea de aspiración y el tanque	Revise conexiones de combustible	Preventiva de restauración	Semanal	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Filtros de combustible taponados	Cambios de filtro de combustible primario y secundario y verifique la calidad de combustible	Preventiva de restauración	250h(2 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Engranaje de la boma desgastados	Revisión y cambio de engranajes de bomba de combustible	Preventiva de sustitución	10000h(52 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento

Fuente: Autor

Tabla 43. Plan de mantenimiento del sistema de lubricación del motor de combustión interna Caterpillar 3406C


	PLAN DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-PLANM-02		
			Versión: 1		
			Fecha de elaboración: 10-09-2013		
			Fecha de modificación: 10-09-2013		
ELABORA: Gino Guevara	REVISAR: Ing. Eduardo Hernández	APRUEBA: Dr. Marco Haro			
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES			RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes		
EQUIPO: MOTOR DE COMBUSTION INTERNA CATERPILLAR 3406C			SISTEMA: LUBRICACIÓN		
MODO DE FALLA	TAREA	TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD	RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO
Filtro de aceite taponado	Cambio de aceite y filtros	Preventiva de sustitución	250h(2 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Enfriador de aceite obstruido	Revisión de enfriador de aceite	Preventiva de restauración	5000 h (30 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Tapones del cigüeñal o árbol de levas obstruidos	Revisión de tapones y de ser necesario remplazar	Preventiva de restauración	2000 h (12 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Tamices de admisión parcialmente obstruidos	Reemplace los tamices de admisión	Preventiva de sustitución	2000 h (12 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Cañerías ,lineas de lubricación taponadas	Limpieza y revisión de conexiones y lineas de lubricación	Preventiva de restauración	1000 h (6 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento

Tabla 43. (Continuación)

Fuga de aire en la aspiración de la bomba	Revisión de la bomba de aceite	Preventiva de restauración	10000 h(52 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Filtros de aceite sucios	Cambio de aceite y filtros	Preventiva de sustitución	250 h (2 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Conductos internos de distribución de aceite taponados	Revisión y limpieza de conductos internos	Preventiva de restauración	10000 h (52 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Pérdida de propiedades del aceite	Aplicación de mantenimiento predictivo mediante la técnica de análisis de aceite	Predictiva	125h(1semana)	Sostenible	Técnico de Mantenimiento
Atascamiento de engranajes de la bomba de aceite	Revisión de la bomba de aceite	Preventiva de restauración	10000 h(52 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Cárter fisurado	Revisión de carter y de ser necesario remplace	Preventiva de restauración	125 h (1 semana)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Conexiones entre la bomba y las líneas de distribución de aceite desgastados	Revisión de la bomba de aceite	Preventiva de restauración	10000 h(52 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Damper de aceite obstruido	Revisión y limpieza del damper de aceite	Preventiva de restauración	5000 h(30 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento

Fuente: Autor

Tabla 44. Plan de mantenimiento del sistema de admisión de aire del motor de combustión interna Caterpillar 3406C

	PLAN DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-PLANM-03			
			Versión: 1			
			Fecha de elaboración: 10-09-2013			
			Fecha de modificación: 10-09-2013			
ELABORA: Gino Guevara		REVISAR: Ing. Eduardo Hernández		APRUEBA: Dr. Marco Haro		
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES					RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes	
EQUIPO: MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CATERPILLAR 3406C				SISTEMA: ADMISIÓN DE AIRE		
MODO DE FALLA	TAREA	TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD	RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO	
Lóbulos del soplador trabados por agentes extraños	Revisar y remplazar el conjunto soplador	Preventiva de sustitución	10000h(52 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento	
Desgaste de los cojinetes	Revisión de estado de cojinetes	Preventiva de restauración	5000h (30 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento	
Junta entre el soplador y el bloque dañada	Revisión de estado de soplador	Preventiva de restauración	5000h (30 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento	
Fugas por los acoples del múltiple de admisión y el bloque	Revisión y ajuste de acoples de admisión	Preventiva de restauración	5000h(30 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento	

Tabla 44. (Continuación)

Anillos de lubricación gastados	Remplace juegos de anillos	Preventiva de sustitución	10000h(52 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Camisa del cilindro fisurada	Remplace kit completo(pistón, anillos,camisa del cilindro)	Preventiva de sustitución	10000h(52 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Pistón rajado/quebrado	Verifique compresión de cada cilindro y reemplace la junta del cilindro que presente problemas	Preventiva de sustitución	10000h(52 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Juntas de las culatas de los cilindros en mal estado	Revisión y limpieza de los canales del turbo	Preventiva de restauración	5000h(30 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Obstrucción en las tuberías o canales de admisión de la carcasa central del turbo	Revisión y limpieza de los canales del turbo	Preventiva de restauración	5000h(30 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Obstrucción en el sistema de admisión de aire	Limpie el conjunto de admisión de aire	Preventiva de restauración	5000 h(30 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Acumulación de suciedad en el compresor	Limpie el compresor y sus elementos	Preventiva de restauración	3000 h(18 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento

Fuente: Autor

Tabla 45. Plan de mantenimiento del sistema de enfriamiento del motor de combustión interna Caterpillar 3406C

	PLAN DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-PLANM-04		
			Versión: 1		
			Fecha de elaboración: 10-09-2013		
			Fecha de modificación: 10-09-2013		
ELABORA: Gino Guevara	REVISAR: Ing. Eduardo Hernández	APRUEBA: Dr. Marco Haro			
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES			RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes		
EQUIPO: MOTOR DE COMBUSTION INTERNA CATERPILLAR 3406C			SISTEMA: ENFRIAMIENTO		
MODO DE FALLA	TAREA	TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD	RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO
Fugas excesivas por el sello del termostato	Reemplace los sellos del termostato	Preventiva de sustitución	3000 h(18 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Mangueras deterioradas o dobladas	Revisión y ajuste del nivel de refrigerante y mangueras o conexiones	Preventiva de restauración	Diaria	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Formación de escamas en el circuito de refrigeración	Limpieza en el sistema de refrigeración	Preventiva de restauración	Anual	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Impulsor de la bomba de agua flojo	Apriete el impulsor o remplace si se encontrase deteriorado	Preventiva de restauración	5000h(30semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Cavitación debido a aire atrapado en el sistema	Drene el sistema de enfriamiento y mantener limpio	Preventiva de restauración	5000h(30semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Termostato no cierra	Remueva, inspeccione y compruebe el termostato	Preventiva de restauración	3000 h(18 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento
Desgaste de los sellos del eje de la bomba	Revisión y cambio de sellos de la bomba	Preventiva de restauración	3000 h(18 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de mantenimiento


Fuente: Autor

Tabla 46. Plan de mantenimiento del sistema eléctrico del motor de combustión interna Caterpillar 3406C

	PLAN DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-PLANM-05		
			Versión: 1		
			Fecha de elaboración: 10-09-2013		
			Fecha de modificación: 10-09-2013		
ELABORA: Gino Guevara		REVISAR: Ing. Eduardo Hernández		APRUEBA: Dr. Marco Haro	
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES				RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes	
EQUIPO: MOTOR DE COMBUSTION INTERNA CATERPILLAR 3406C			SISTEMA: ELÉCTRICO		
MODO DE FALLA	TAREA	TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD	RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO
Banco de Baterías descargado	Revisar cargas de batería 24v cargando	Preventiva de restauración	Diaria	Factible técnicamente	Técnico eléctrico
Conexiones eléctricas dañadas o sueltas	Revisión de conexiones eléctricas	Preventiva de restauración	Diario	Factible técnicamente	Técnico eléctrico
Bornes en mal estado	Revisión de baterías,carga,bornes/acido	Preventiva de restauración	250h(2 semanas)	Factible técnicamente	Técnico eléctrico
Bendix del motor de arranque pegado	Revisión motor de arranque	Preventiva de restauración	5000 h (30 semanas)	Factible técnicamente	Técnico eléctrico
Dientes del piñón del motor de arranque desgastados	Revisión motor de arranque	Preventiva de restauración	5000 h (30semanas)	Factible técnicamente	Técnico eléctrico
Depósitos de carbón entre las delgas del motor de arranque	Revisión motor de arranque	Preventiva de restauración	5000 h (30semanas)	Factible técnicamente	Técnico eléctrico
Inducido del motor de arranque quemado	Reemplazar inducido del motor de arranque	Preventiva de sustitución	Overhaul	Factible técnicamente	Técnico eléctrico
Regulador de carga del alternador quemado	Reemplazar regulador de carga	Preventiva de sustitución	Overhaul	Factible técnicamente	Técnico eléctrico

Fuente: Autor


Tabla 47. Plan de mantenimiento del sistema de escape del motor de combustión interna Caterpillar 3406C

	PLAN DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-PLANM-06		
			Versión: 1		
			Fecha de elaboración: 10-09-2013		
			Fecha de modificación: 10-09-2013		
ELABORA: Gino Guevara	REVISAR: Ing. Eduardo Hernández		APRUEBA: Dr. Marco Haro		
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES				RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. José Paredes	
EQUIPO: MOTOR DE COMBUSTION INTERNA CATERPILLAR 3406C			SISTEMA: ESCAPE		
MODO DE FALLA	TAREA	TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD	RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO
Válvula de escape pegajosa, por depósitos de carbón en asientos o cabeza de válvula	Revisión y limpieza de válvulas de escape	Preventiva de restauración	Overhaul	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Válvula doblada	Revisión de válvulas de escape y de ser necesario remplace	Preventiva de sustitución	10000h(52 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Válvula de escape fisurada	Revisión de válvulas de escape y de ser necesario remplace	Preventiva de sustitución	Overhaul	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento
Rotura de tubería de escape	Revisión de conexiones y tuberías de escape	Preventiva de sustitución	5000h(30 semanas)	Factible técnicamente	Técnico de Mantenimiento

Fuente: Autor


4.8.1 Banco de tareas, frecuencias, procedimientos, equipos, herramientas, materiales y repuestos para el plan de mantenimiento preventivo de la bamba de desplazamiento positivo quintuplex National Oilwell

Tabla 48. Inspección y limpieza general de la bomba

		GESTIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-GT-01	
				Versión: 1	
				Fecha de elaboración: 08-17-2013	
				Fecha de modificación: 08-17-2013	
Elabora:Gino Guevara		Revisa: Ing.Eduardo Hernández		Aprueba: Dr. Marco Haro	
Area: Mantenimiento y operaciones		Responsable de área: Ing. José Paredes			
Equipo: Bomba de desplazamiento positivo quintuplex "National Oilwell"					
Tarea:	Inspección y limpieza general de la bomba			Frecuencia:	1 semanas (hrs)
Personal :	Técnico Mecánico			Tiempo estimado:	2 horas
PROCEDIMIENTO Y DETALLE DE LA TAREA DE MANTENIMIENTO					
Máquina en funcionamiento: <ul style="list-style-type: none">• Revisión de parámetros de funcionamiento: voltajes, amperajes, temperatura y velocidad.• Detectar ruidos anormales en rodamientos y engranajes. Máquina apagada: <ul style="list-style-type: none">• Des energizar la unidad.• Limpieza e inspección de instrumentos de control de voltajes, amperajes, temperaturas, velocidad y presión.• Limpiar los elementos de la bomba.•Revisar rodamientos y engranajes.•Revisión de la bomba de lubricación.•Revisión de estado de plunger.•Revisión de estado de elementos del Fluid end.•Revisión de estado de elementos del Power end.•Reajuste de pernos.•Notificar daños mayores.					
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD					
<ul style="list-style-type: none">• Se debe utilizar el EPP completo: Overoll, gafas, zapatos de seguridad, casco y guantes de pupos o de nitrilo.• Se debe apagar el motor, retirar la llave del switch y guardarla en un bolsillo y de ser necesario cortar el paso de corriente de la batería.• Se debe colocar en el equipo la tarjeta “Fuera de servicio” o “tarjeta indicadora de peligro”, con los datos requeridos en la misma.• Una vez finalizado el trabajo, el responsable del mismo debe dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo y las herramientas utilizadas.• El Responsable del trabajo de mantenimiento del motor, una vez finalizado el mismo, debe retirar la tarjeta “Fuera de Servicio” y colocar la llave en el switch.					
Herramientas y equipos:		Repuestos:		Materiales:	
•Maletín/caja de herramientas				<ul style="list-style-type: none">• Trapos y absorbentes• Brocha• Franela	


Fuente: Autor

Tabla 49. Revisión de sellos de impulsión hidráulica

		GESTIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-GT-02	
Elabora: Gino Guevara				Versión: 1	
				Fecha de elaboración: 08-17-2013	
				Fecha de modificación: 08-17-2013	
Revisa: Ing.Eduardo Hernández		Aprueba: Dr. Marco Haro			
Area: Mantenimiento y operaciones			Responsable de área: Ing. José Paredes		
Equipo: Bomba de desplazamiento positivo quintuplex "National Oilwell"					
Tarea:	Revisión de sellos de impulsión hidráulica			Frecuencia:	18 semanas (hrs)
Personal :	Técnico Mecánico			Tiempo estimado:	2 horas
PROCEDIMIENTO Y DETALLE DE LA TAREA DE MANTENIMIENTO					
<ul style="list-style-type: none">• Apagar la unidad y des energizarla.• Desmontar émbolos y prensaestopas.• Desmontar las tuercas y pernos que fijan el cilindros de fluidos.• Examine las superficies de unión del cilindro de fluidos y de la tapa frontal en caso de que exista daños.• Limpie y lubrique las roscas de los pernos del montaje del cilindro de fluidos con las pasta de montaje de piezas metálicas DOW CORNING.• Volver a conectar todas las conexiones de las mangueras y cañerías y ajuste el émbolo al pie de biela a un par de torsión de 300 pies/lbs.• Ajustar tuercas con llave hexagonal.• Realizar pruebas de funcionamiento.					
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD					
<ul style="list-style-type: none">• Se debe utilizar el EPP completo: Overoll, gafas, zapatos de seguridad, casco y guantes de pupos o de nitrilo.• Se debe apagar el motor, retirar la llave del switch y guardarla en un bolsillo y de ser necesario cortar el paso de corriente de la batería.• Se debe colocar en el equipo la tarjeta “Fuera de servicio” o “tarjeta indicadora de peligro”, con los datos requeridos en la misma.• Una vez finalizado el trabajo, el responsable del mismo debe dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo y las herramientas utilizadas.• El Responsable del trabajo de mantenimiento del motor, una vez finalizado el mismo, debe retirar la tarjeta “Fuera de Servicio” y colocar la llave en el switch.					
Herramientas y equipos		Repuestos:		Materiales:	
<ul style="list-style-type: none">• Maletín/caja de herramientas.• Llave Hexagonal.		<ul style="list-style-type: none">• Sellos conjunto de impulsión		<ul style="list-style-type: none">• Trapos y absrobentes• Aceite liviano• Pasta DOW CORNING	

Fuente: Autor

Tabla 50. Limpieza filtro de succión del lubricante del sistema de impulsión

	GESTIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-GT-03		
			Versión: 1		
			Fecha de elaboración: 08-17-2013		
			Fecha de modificación: 08-17-2013		
Elabora: Gino Guevara		Revisa: Ing.Eduardo Hernández		Aprueba: Dr. Marco Haro	
Area: Mantenimiento y operaciones			Responsable de área: Ing. José Paredes		
Equipo: Bomba de desplazamiento positivo quintuplex "National Oilwell"					
Tarea:	Limpieza filtro de succión del lubricante del sistema de impulsión			Frecuencia:	2 semanas (hrs)
Personal :	Técnico Mecánico			Tiempo estimado:	2 hora
PROCEDIMIENTO Y DETALLE DE LA TAREA DE MANTENIMIENTO					
<ul style="list-style-type: none">• Apagar la unidad y des energizarla.• Con una llave de tuerca desmonte los tornillos que fijan el colector de succion de cilindros.• Inspeccione el colector de succión en busqueda de erosión o corrosión interna y desmosnte los tres cirres del junta torica e inspeccione las ranuras de sellado del colector.• Inspeccione la superficie de abajo del cilindro de fluidos en busqueda de erosión y corrosión.• Limpiar y pulir suavemente la superficie de abajo del cilindro de fluidos con una lija de de 220 o 240 antes de montar el colector de succión. Utilizando cierres nuevos montar.• Montar los pernos y ajustar las tuercas con ayuda de llave de tuercas.• Realizar pruebas de funcionamiento.					
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD					
<ul style="list-style-type: none">• Se debe utilizar el EPP completo: Overoll, gafas, zapatos de seguridad, casco y guantes de pupos o de nitrilo.• Se debe apagar el motor, retirar la llave del switch y guardarla en un bolsillo y de ser necesario cortar el paso de corriente de la bateria.• Se debe colocar en el equipo la tarjeta “Fuera de servicio” o “tarjeta indicadora de peligro”, con los datos requeridos en la misma.• Una vez finalizado el trabajo, el responsable del mismo debe dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo y las herramientas utilizadas.• El Responsable del trabajo de mantenimiento del motor, una vez finalizado el mismo, debe retirar la tarjeta “Fuera de Servicio” y colocar la llave en el switch.					
Herramientas y equipos		Repuestos:		Materiales:	
<ul style="list-style-type: none">• Maletín/caja de herramientas.• Llave Hexagonal.		<ul style="list-style-type: none">• Cierre de succión.		<ul style="list-style-type: none">• Trapos y absorbentes• Lija de 220 o 240.• Franela.	


Fuente: Autor

Tabla 51. Cambio de aceite y filtro

	GESTIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-GT-04		
			Versión: 1		
			Fecha de elaboración: 08-17-2013		
			Fecha de modificación: 08-17-2013		
Elabora: Gino Guevara		Revisa: Ing.Eduardo Hernández		Aprueba: Dr. Marco Haro	
Area: Mantenimiento y operaciones			Responsable de área: Ing. José Paredes		
Equipo: Bomba de desplazamiento positivo quintuplex "National Oilwell"					
Tarea:		Cambio de aceite y filtro		Frecuencia: 18 semanas (hrs)	
Personal :		Técnico Mecánico		Tiempo estimado: 3 horas	
PROCEDIMIENTO Y DETALLE DE LA TAREA DE MANTENIMIENTO					
<ul style="list-style-type: none">• Si el equipo ha estado en operación, se debe esperar aproximadamente 30 min. hasta que se enfríe, manteniéndola apagada.• Preparar el recipiente para la recolección del aceite y todas las herramientas requeridas, asegurándose que se encuentren en buen estado y limpias.• Retirar el tapón magnético del aceite utilizando una llave adecuada según su medida.• Verificar la existencia de limallas en el tapón magnético y de existir informar al Coordinador de mantenimiento.• Drenar completamente el aceite en el recipiente destinado para su recolección.• Retirar la cubierta del filtro utilizando las llaves adecuadas.• Vaciar el aceite del filtro en el recipiente destinado para este propósito.• Almacenar el elemento del filtro y el aceite usados como residuos peligrosos para su posterior y adecuada disposición.• Colocar el elemento del filtro nuevo.• Colocar y asegurar la cubierta del filtro utilizando las llaves adecuadas.• Colocar y ajustar el tapón magnético del aceite.• Colocar sesenta y cinco (65) galones de aceite MEROPA 320.• Poner en marcha el motor y sin acelerar observar que inmediatamente el manómetro indique entre 80-120 psi, de no marcar la presión antes indicada se debe apagar el motor para evitar daños y reportar al Coordinador de Mantenimiento para coordinar las actividades a seguir.• Una vez apagado el motor, verificar que el nivel de aceite marque FULL en la varilla.					
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD					
<ul style="list-style-type: none">• Se debe utilizar el EPP completo: Overoll, gafas, zapatos de seguridad, casco y guantes de pupos o de nitrilo.• Se debe apagar el motor, retirar la llave del switch y guardarla en un bolsillo y de ser necesario cortar el paso de corriente de la batería.• Se debe colocar en el equipo la tarjeta “Fuera de servicio” o “tarjeta indicadora de peligro”, con los datos requeridos en la misma.• Una vez finalizado el trabajo, el responsable del mismo debe dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo y las herramientas utilizadas.• El Responsable del trabajo de mantenimiento del motor, una vez finalizado el mismo, debe retirar la tarjeta “Fuera de Servicio” y colocar la llave en el switch.					
Herramientas y equipos		Repuestos:		Materiales:	
<ul style="list-style-type: none">•Maletín/caja de herramientas.		<ul style="list-style-type: none">•65 Galones de aceite Meropa320.• Filtro de aceite B99		<ul style="list-style-type: none">• Recipiente para aceite o Parihuela•Absorbente• Franela	


Fuente: Autor

Tabla 52. Cambio de empaquetaduras del fluid end

		GESTIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-GT-05	
				Versión: 1	
				Fecha de elaboración: 08-17-2013	
				Fecha de modificación: 08-17-2013	
Elabora: Gino Guevara		Revisa: Ing.Eduardo Hernández		Aprueba: Dr. Marco Haro	
Area: Mantenimiento y operaciones			Responsable de área: Ing. José Paredes		
Equipo: Bomba de desplazamiento positivo quintuplex "National Oilwell"					
Tarea:	Cambio de empaquetaduras del fluid end			Frecuencia:	18 semanas (hrs)
Personal :	Técnico Mecánico			Tiempo estimado:	4 horas
PROCEDIMIENTO Y DETALLE DE LA TAREA DE MANTENIMIENTO					
<ul style="list-style-type: none">• Apagar la unida y des energizarla.• Colocar la herramienta hexagonal y golpear a la izquierda para sacar las tapas (succión cover nut) y descarga.• Enroscar un espárrago en la tapa (succión cover) para sacarla.• Sacar los tornillos con hexagonal para sacar los clams que unen los pistones al pony rod del power-end.• Girar el cardan con llave de tubo para separarlos y empujarlos hacia fuera del cilindro del fluid-end.• Sacar las válvulas check de lubricación.• Aflojar la tapa (packing nut-grooved) y girarla hacia la izquierda hasta sacarla.• Empujar el set de packing hacia los pony road para sacarlos del cilindro del fluid-end.• Sacar los resortes de las válvulas descarga.• Sacar los seguros (valve stop) luego sacar los resortes de las válvulas de succión.• Revisar los asientos de las válvulas que no estén desgastados o cortados por la presión de trabajo.• Si están en mal estado colocar extractor hidráulico y sacarlos del fluid-end.• Limpiar los cilindros del fluid-end y lavarlos, lavar todas las piezas y ponerlas en orden.• Quitar todos los o-ring o cauchos de todas las partes lleven este tipo de cellos para reemplazarlos.• Armado del conjunto paso a paso.• Pruebas de funcionamiento.					
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD					
<ul style="list-style-type: none">• Se debe utilizar el EPP completo: Overoll, gafas, zapatos de seguridad, casco y guantes de pupos o de nitrilo.• Se debe apagar el motor, retirar la llave del switch y guardarla en un bolsillo y de ser necesario cortar el paso de corriente de la batería.• Se debe colocar en el equipo la tarjeta “Fuera de servicio” o “tarjeta indicadora de peligro”, con los datos requeridos en la misma.• Una vez finalizado el trabajo, el responsable del mismo debe dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo y las herramientas utilizadas.• El Responsable del trabajo de mantenimiento del motor, una vez finalizado el mismo, debe retirar la tarjeta “Fuera de Servicio” y colocar la llave en el switch.					
Herramientas y equipos		Repuestos:		Materiales:	
<ul style="list-style-type: none">• Maletín/caja de herramientas.• Llave Hexagonal.		<ul style="list-style-type: none">• Empaquetaduras del fluid end.		<ul style="list-style-type: none">• Recipiente para aceite o Parihuela.• Trapso y Absorbentes.• Franela.	


Fuente: Autor

Tabla 53. Revisar asientos, canastillas y válvulas

	GESTIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-GT-06		
			Versión: 1		
			Fecha de elaboración: 08-17-2013		
			Fecha de modificación: 08-17-2013		
Elabora:Gino Guevara		Revisa: Ing. Eduardo Hernández		Aprueba: Dr. Marco Haro	
Area: Mantenimiento y operaciones			Responsable de área: Ing. José Paredes		
Equipo: Bomba de desplazamiento positivo quintuplex "National Oilwell"					
Tarea:		Revisar asientos,canastillas y valvulas		Frecuencia: 18 semanas (hrs)	
Personal :		Técnico Mecánico		Tiempo estimado: 3 horas	
PROCEDIMIENTO Y DETALLE DE LA TAREA DE MANTENIMIENTO					
<ul style="list-style-type: none">• Apagar la unidad y des energizarla.• Utilizando la llave de tuerca exagonal y un martillo desmonte las tapas de succion y de descarga de los cilindros de fluidos.• Gire el tope de la válvula de succión hasta que se detenga aproximadamente a 90 grados y desmontela.• Desmonte la válvula del sector de impulsión hidráulica.• Desmonte los resortes de la válvula de descarga y las valvulas de descarga del cilindro de fluidos.• Utilizado un conjunto de extractor de de asientos, desmontelos de las válvulas de descarga y de los asientos de la válvula de succión.• Al montar las válvulas no mezcle una válvula de un fabricante con el asiento de válvula de otro fabricante y de igual forma el encastrado.• Al montar el tope de la válvula de succión asegurese de que este perpendicular al émbolo y que se asiente en la ranura del cilindro.• Antes de montar las tapas de descarga y succión, desmonte los cierres de cada una limpie las tapas e instale por unos nuevos en las misma dirección que los anteriores.• Además de instalar las tapas de succión y descarga a y cubrir las roscas con aceite, sujetelas firmemente con la llave exagonal y un martillo 10 lbs.• Realizar pruebas de funcionamiento.					
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD					
<ul style="list-style-type: none">• Se debe utilizar el EPP completo: Overoll, gafas, zapatos de seguridad, casco y guantes de pupos o de nitrilo.• Se debe apagar el motor, retirar la llave del switch y guardarla en un bolsillo y de ser necesario cortar el paso de corriente de la bateria.• Se debe colocar en el equipo la tarjeta “Fuera de servicio” o “tarjeta indicadora de peligro”, con los datos requeridos en la misma.• Una vez finalizado el trabajo, el responsable del mismo debe dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo y las herramientas utilizadas.• El Responsable del trabajo de mantenimiento del motor, una vez finalizado el mismo, debe retirar la tarjeta “Fuera de Servicio” y colocar la llave en el switch.					
Herramientas y equipos		Repuestos:		Materiales:	
<ul style="list-style-type: none">• Maletín/caja de herramientas.• Llave exagonal.• Martillo de 10 lbs.		<ul style="list-style-type: none">• Asientos valvulas y canastillas.		<ul style="list-style-type: none">• Recipiente para aceite o Parihuela.• Trapos y absorbentes.• Franela.	


Fuente: Autor

Tabla 54. Remplazar sellos de brida de descarga y sellos del múltiple de succión

		GESTIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-GT-07	
Elabora: Gino Guevara				Versión: 1	
				Fecha de elaboración: 08-17-2013	
				Fecha de modificación: 08-17-2013	
Revisa: Ing. Eduardo Hernández		Aprueba: Dr. Marco Haro			
Area: Mantenimiento y operaciones			Responsable de área: Ing. José Paredes		
Equipo: Bomba de desplazamiento positivo quintuplex "National Oilwell"					
Tarea:	Remplazar sellos de la brida de descarga y los sellos del múltiple de succión			Frecuencia:	52 semanas (hrs)
Personal :	Técnico Mecánico			Tiempo estimado:	3 horas
PROCEDIMIENTO Y DETALLE DE LA TAREA DE MANTENIMIENTO					
<ul style="list-style-type: none">• Apagar la unidad y des energizarla.• Utilizando una llave de tuerca, desmonte las tuercas de las bridas de descarga.• Desmonte cada brida de descarga del cilindro de fluidos y desmonte cierres del fluido tanto del lado de entrada como de salida de la brida.• Inspeccione detalladamente cada brida en búsqueda de erosión o corrosión interna.• Inspeccione las roscas de las bridas de descarga en búsqueda de desgaste o de daños.• Inspeccione los orificios de la brida de descarga de la brida de descarga del cilindro de fluidos en búsqueda de erosión y corrosión. Limpiar y pulir cada perforación con una lija de grano mediano de 220 o 240 antes de montar la brida.• Utilizando un cierre de fluidos nuevo y un recubrimiento de aceite liviano instalar los cierres primero la extremidad del borde del sector de impulsión.• Cuidadosamente instale la conexión de descarga para no dañar el cierre.• Montar las tuercas hexagonales en cada brida y ajustelas de la misma manera al par de torsión apropiado.• Realizar pruebas de funcionamiento.					
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD					
<ul style="list-style-type: none">• Se debe utilizar el EPP completo: Overoll, gafas, zapatos de seguridad, casco y guantes de nitrilo.• Se debe apagar el motor, retirar la llave del switch y guardarla en un bolsillo y de ser necesario cortar el paso de corriente de la batería.• Se debe colocar en el equipo la tarjeta “Fuera de servicio” o “tarjeta indicadora de peligro”, con los datos requeridos en la misma.• Una vez finalizado el trabajo, el responsable del mismo debe dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo y las herramientas utilizadas.• El Responsable del trabajo de mantenimiento del motor, una vez finalizado el mismo, debe retirar la tarjeta “Fuera de Servicio” y colocar la llave en el switch.					
Herramientas y equipos		Repuestos:		Materiales:	
<ul style="list-style-type: none">• Maletín/caja de herramientas.• Llave hexagonal.• Martillo 10 lbs.		<ul style="list-style-type: none">• Conjunto de cierres de descarga.• Conjunto de cierres del múltiple de impulsión.		<ul style="list-style-type: none">• Trapos y absorbentes.• Aceite liviano.• Franela.	

Fuente: Autor

Tabla 55. Remplace émbolos gastados y cojinetes del prensaestopas

		GESTIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-GT-08	
Elabora: Gino Guevara				Versión: 1	
				Fecha de elaboración: 08-17-2013	
				Fecha de modificación: 08-17-2013	
		Revisa: Ing.Eduardo Hernández		Aprueba: Dr. Marco Haro	
Area: Mantenimiento y operaciones				Responsable de área: Ing. José Paredes	
Equipo: Bomba de desplazamiento positivo quintuplex "National Oilwell"					
Tarea:	Remplace los embolos gastados y cojinetes del prensaestopas			Frecuencia:	52 semanas (hrs)
Personal :	Técnico Mecánico			Tiempo estimado:	4 horas
PROCEDIMIENTO Y DETALLE DE LA TAREA DE MANTENIMIENTO					
<ul style="list-style-type: none">• Apagar la unidad y des energizarla.• Desmonte el accesorio de lubricación y las tuercas del prensaestopas dando una vuelta y entera.• Utilizando la llave de tuerca del émbolo, desenrosque del pie de biela y retire los respectivos embolos.• Inspeccione cada émbolo en buequeda de indicios de desgaste, rayado y corrosión.• Inspeccione cada anillo de prensaestopas de bronce en busqueda de desgaste y rayado excesivo.• Asegurese de que la lubricación de las tuercas prensaestopas no presente abstrucciones(sople através del puerto).• Remplace los anillos y los de apoyo de sellado.• Monte nuevamente cada tuerca ebn el cilindro adecuado, atornillandolo hasta ajustarlo.• Recubra el área dura del émbolo co una fina capa de de aceite liviano e insertelo en el prensaestopas.• Sujete el émbolo al pie de biela con la llave de tuerca para alcanzar un par torsión de 300 pies/lbs.• Finalmente con la llave de tuerca de prensaestopas ajuste hasta que se detenga.• Realizar pruebas de funcionamiento.					
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD					
<ul style="list-style-type: none">• Se debe utilizar el EPP completo: Overoll, gafas, zapatos de seguridad, casco y guantes de pupos o de nitrilo.• Se debe apagar el motor, retirar la llave del switch y guardarla en un bolsillo y de ser necesario cortar el paso de corriente de la bateria.• Se debe colocar en el equipo la tarjeta “Fuera de servicio” o “tarjeta indicadora de peligro”, con los datos requeridos en la misma.• Una vez finalizado el trabajo, el responsable del mismo debe dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo y las herramientas utilizadas.• El Responsable del trabajo de mantenimiento del motor, una vez finalizado el mismo, debe retirar la tarjeta “Fuera de Servicio” y colocar la llave en el switch.					
Herramientas y equipos		Repuestos:		Materiales:	
<ul style="list-style-type: none">• Maletín/caja de herramientas.• Llave de tuerca prensaestopas.• Martillo de bola 10 lbs.		<ul style="list-style-type: none">• Embolos 1 7/8"• Cojinetes del prensaestopas.		<ul style="list-style-type: none">• Trapos y absorbentes• Franela.	

Fuente: Autor

4.9 Gestión de documentos técnicos

Con la elaboración de los documentos de gestión se logrará evaluar la eficiencia de la programación y ejecución de las tareas de mantenimiento, mismos que contienen un registro de datos estadístico reales, los cuales serán de gran utilidad en el momento del análisis del sistema aplicando los indicadores de mantenimiento, lo que permitirá realizar mejoras y llevar un adecuado plan, optimizando recursos empleados y la tecnicidad del departamento de mantenimiento.

4.9.1 Solicitud de trabajo de mantenimiento. Con la elaboración de este formato se inicia la documentación para la ejecución de las tareas, donde se especifica el equipo con su respectivo código técnico, descripción del trabajo, quien solicita y quien recibe la solicitud juntamente con la fecha, hora y firma.

Tabla 56. Solicitud de trabajo de mantenimiento


		SOLICITUD DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO		Código: DOC-MANTTO-ST-01	
				Versión: 1	
				Fecha de elaboración: 08-17-2013	
				Fecha de modificación: 08-17-2013	
Elabora: Gino Guevara		Revisa: Ing. Eduardo Hernández		Aprueba: Dr. Marco Haro	
Área: Mantenimiento y operaciones				Responsable de área: Ing. José Paredes	
PRIORIDAD:	NORMAL :		IMPORTANTE:		URGENTE :
EQUIPO:			CÓDIGO TÉCNICO:		
FECHA DE SOLICITUD:		HORA:		ÁREA SOLICITANTE:	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:					
FECHA DE INICIACIÓN			FECHA DE TERMINACIÓN		
ESTIMADA:		REAL:		ESTIMADA:	
				REAL:	
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS					
SOLICITADA POR:			RECIBIDA POR:		
CARGO:			FECHA:		
FIRMA:			HORA:		
			FIRMA:		

Fuente: Autor

4.9.2 Orden de trabajo. Este tipo de documento es la recopilación de la información necesaria para realizar un trabajo de mantenimiento determinado. Una orden de trabajo puede ser generada por varias razones:

- Debido a un trabajo planificado.
- Debido a un trabajo esporádico.


Tabla 57. Orden de trabajo

		ORDEN DE TRABAJO				Código: DOC-MANTTO-OT-01			
						Versión: 1			
						Fecha de elaboración: 08-17-2013			
						Fecha de modificación: 08-17-2013			
Elabora: Gino Guevara		Revisa: Ing. Eduardo Hernández		Aprueba: Dr. Marco Haro					
Area: Mantenimiento y operaciones				Responsable de área: Ing. José Paredes					
EQUIPO:				CÓDIGO TÉCNICO:					
TIPO DE MANTENIMIENTO		PRIORIDAD		TIPO DE SERVICIO		INICIO		ENTREGA	
Programado:		NORMAL:		INTERNO:		FECHA:		FECHA:	
Correctivo:		IMPORTANTE:		EXTERNO:		HORA:		HORA:	
Otro:		URGENTE:		EMPRESA EXTERNA:					
TREAS A REALIZAR									
N.-	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA				TIPO DE ACCIÓN (TA)	TIEMPO ESTIMADO (TE)	TIEMPO OCUPADO (TO)	TIEMPO MAQUINA PARADA(TMP)	
OBSERVACIONES GENERALES					OBSERVACIONES DE SEGURIDAD				
REFERENCIAS					TIPOS DE ACCIÓN				
R	REVISIÓN		LM	LIMPIEZA		INFORME Y OBSERVACIONES DEL TÉCNICO			
L	LUBRICACIÓN		C	CAMBIO					
RE	REPARACIÓN								
O	OTRAS ACCIONES								
CARACTERÍSTICAS			REPUESTOS				MATERIALES		
Tarea N.-									
CÓDIGO INTERNO									
DESCRIPCIÓN									
UNIDAD MEDIDA									
CANTIDAD									
COSTO UNITARIO									
COSTO TOTAL									
MATERIALES					ENTREGA Y RECEPCIÓN				
N.	CODIGO INTERNO	DESCRIPCIÓN		UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	ENTREGA:		RECIBE :	
						FECHA:		FECHA:	
						FIRMA:		FIRMA:	

Fuente: Autor

4.9.3 *Solicitud de materiales, herramientas y repuestos.* En este documento debe constatar aquellas herramientas y equipos que se tome prestadas de la bodega. Suele ser generado por los ejecutores de la tarea con el fin de que se conozca el estado en el cual se sacaron los equipos y herramientas, el número de las mismas que porta el trabajador y las especificaciones de las mismas.

Tabla 58. Solicitud de materiales, herramientas y repuestos

	SOLICITUD DE MATERIALES HERRAMIENTAS Y REPUESTOS		Código: DOC-MANTTO-SR-01	
			Versión: 1	
			Fecha de elaboración: 08-17-2013	
			Fecha de modificación: 08-17-2013	
Elabora: Gino Guevara		Revisa: Ing. Eduardo Hernández		Aprueba: Dr. Marco Haro
Area: Mantenimiento y operaciones			Responsable de área: Ing. José Paredes	
EQUIPO:			CÓDIGO TÉCNICO:	
FECHA DE RETIRO:		HORA:	FECHA DE ENTREGA:	HORA:
SOLICITADA POR:			ENTREGADA POR:	
CARGO:			CARGO:	
N. DE ROL			N. DE ROL:	
MATERIALES		REPUESTOS		MATERIALES
DESCRIPCIÓN:	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
NOMBRE Y FIRMA DEL RESPONSABLE				

Fuente: Autor

4.9.4 Control de horas trabajadas


Tabla 59. Control de horas trabajadas

[illegible]

Fuente: Autor

4.9.5 *Solicitud de compras de equipo, materiales y repuestos.* Este documento es de uso exclusivo del departamento de mantenimiento, servirá para realizar la petición de equipos, materiales y repuestos requeridas para la programación, deberá ser llenada por el responsable de mantenimiento.

Tabla 60.Solicitud de compras de equipo, materiales y ventas

		SOLICITUD DE COMPRAS				Código: DOC-MANTTO-SC-01			
						Versión: 1			
						Fecha de elaboración: 08-17-2013			
						Fecha de modificación: 08-17-2013			
Elabora: Gino Guevara		Revisa: Ing. Eduardo Hernández				Aprueba: Dr. Marco Haro			
Area: Mantenimiento y operaciones						Responsable de área: Ing. José Paredes			
LUGAR DE COMPRA:						COSTOS DE PROFORMA:			
EQUIPO:	CÓDIGO EQUIPO	MARCA	TIPO	MATRICULA SERIE	MODELO	AÑO	VOLTAJE	POTENCIA	HERTZ
ITEMS SOLICITADOS									
CANTIDAD	CÓDIGO INTERNO	CÓDIGO FABRICANTE	GRUPO	DESCRIPCIÓN TÉCNICA		UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
TOTAL:									
OBSERACIONES :									
SOLICITADO POR:				APROBADO POR:			ENTREGADO POR:		
CARGO:				CARGO:			CARGO:		
FECHA:		HORA:		FECHA:		HORA:		FECHA:	
FIRMA:				FIRMA:				FIRMA:	

Fuente: Autor


4.9.6 *Historial de mantenimiento*

Tabla 61. Referencia del historial de mantenimiento

REFERENCIAS DEL HISTORIAL DE MANTENIMIENTO	
Abreviación	Descripción
Lm	Limpiar
Lb	Lubricar
R	Revisar
C	Cambiar
O	Otra acción
M	Fallo Mecánico
E	Fallo Eléctrico
El	Fallo Electrónico
H	Fallo Hidráulico
S	Fallo Sistema Auxiliar
Int	Mano de Obra Interna
Ext	Mano de obra externa

Fuente: Autor

Tabla 62. Historial de mantenimiento

		<h1>HISTORIAL DE MANTENIMIENTO</h1>												Código: DOC-MANTTO-HM-001 Versión: 1 Fecha de elaboración: 08-17-2013 Fecha de modificación: 08-17-2013											
ELABORADO POR: GINO GUEVARA		REVISADO POR: ING. EDUARDO HERNÁNDEZ												APROBADO POR: DR. MARCO HARO											
ÁREA DE : MANTENIMIENTO Y OPERACIONES												RESPONSABLE DEL ÁREA: ING. JOSÉ PAREDES													
Código de Máquina	Nombre Máquina	Orden de Trabajo N°	Fecha (aaaa-mm-dd)		Tipo de Acción Preventiva					Tiempo Ocupado (hh:mm)		Tiempo Máquina a Parada (hh:mm)	Descripción del Fallo	Tipo de Fallo					Descripción Acción Correctiva	Tiempo Ocupado (hh:mm)		Tiempo Máquina Parada (hh:mm)			
			Inicio	Entrega	Lm	Lb	R	C	O	Int	Ext			M	E	El	H	S		Int	Ext				
		Totales Acciones y Horas				0	0	0	0	0	0:00:00	0:00:00	0:00:00	Totales por Fallos	0	0	0	0	0	Totales de Horas	0:00:00	0:00:00	0:00:00		
		Totales Acciones y Horas				0	0	0	0	0	0:00:00	0:00:00	0:00:00	Totales por Fallos	0	0	0	0	0	Totales de Horas	0:00:00	0:00:00	0:00:00		
		Totales Acciones y Horas				0	0	0	0	0	0:00:00	0:00:00	0:00:00	Totales por Fallos	0	0	0	0	0	Totales de Horas	0:00:00	0:00:00	0:00:00		
Totales Acciones y Horas de todas las Máquinas																									
Totales Fallos todas las Máquinas																									

Fuente: Autor

CAPÍTULO V

5. SELECCIÓN DEL SOFTWARE E IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN MKPSERVIC SERVICIOS PETROLEROS

5.1 Análisis de los requerimientos técnicos de la empresa

Hoy en día las organizaciones se encuentran en la problemática de la automatización de sus sistemas de información ya sea por creación, remplazo, o mejora de los recursos informáticos para poder llevar acabo sus procedimientos administrativos.

Con lo que la gestión del mantenimiento en instalaciones y equipos, está adquiriendo cada vez mayor relevancia, debido a la necesidad de incrementar la disponibilidad de planta, seguridad, calidad, etc. Por lo que ha visto necesario implantar herramientas informáticas con capacidad de gestión, denominadas Sistemas de Gestión del Mantenimiento Asistido por Computadora (GMAC).

Es por ello que se debe tener en cuenta que la empresa MKP presta sus servicios en campos de operación altamente especializados para lo cual tiene como prioridad cubrir los requerimientos citados a continuación:

- Una información veraz e inmediata en cuanto a: Costos de mantenimiento, disponibilidad de equipos, planes y cronogramas de mantenimiento, etc.
- La empresa además tiene la necesidad de que toda la información almacenada en la base de datos sea accesible y esté disponible para todos los usuarios del departamento de mantenimiento.
- Otro factor esencial que la empresa considera es que el programa de mantenimiento sea de fácil manejo de tal manera que el aprendizaje de su aplicación lleve a los usuarios a tener una rápida comprensión en su ejecución, y de igual forma que su factor de inversión sea el más beneficioso para la empresa.
- Busca que el plan de mantenimiento que genere el software planifique un cronograma de actividades que se lo pueda desarrollar a largo plazo.

Con lo que se puede decir que el mantenimiento asistido por computadora está en la capacidad de administrar toda la gestión de mantenimiento de una empresa y llegar a convertirse en una herramienta de trabajo fundamental e irremplazable para la gerencia, y personal designado de mantenimiento, ya que tiene por objeto optimizar la gestión de mantenimiento.

Todo ello con el objetivo que la empresa consiga:

- Ser más competitiva y tener una mayor efectividad en el mercado.
- Alcanzar mejores márgenes de rentabilidad.
- Menores costos operáticos al interior de la organización.
- Reducción del porcentaje que representan los gastos de mantenimiento en los costos de producción.

5.2 Análisis comparativo de las herramientas informáticas o GMACs

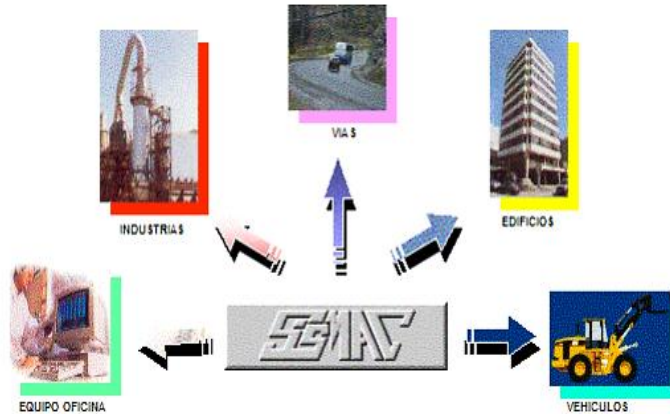
Dentro de la organización los gerentes se deben preocupar en la selección de un sistema que realmente satisfaga sus necesidades, ya que no se debe basar solamente en las demostraciones hechas por los proveedores, sino también, plasmar un previo análisis consecuente que se obtendrá después de la adquisición.

Por lo que dependiendo de los recursos con los que se invertirá en la adquisición sistema informático, la selección de este podrá basarse dependiendo de: La experiencia del personal del departamento de mantenimiento, y la a asesoría de especialistas.

5.2.1 Oferta del mercado. Teniendo en cuenta los requerimientos técnicos de la empresa existen varios sistemas que ayudan a la organización, planificación, ejecución, y control de la gestión de mantenimiento. De tal manera que durante la investigación de los GMAC existentes en el mercado nacional se determinó que los más recomendados para cubrir con las necesidades de la empresa son: SisMAC, SGMPPro y MP2 entre los cuales se determinará la opción más apta para nuestro estudio.

5.2.1.1 SisMAC. Es una herramienta informática que sirve para: controlar, planificar, evaluar y optimizar la Gestión de Mantenimiento, llegando a convertirse en una herramienta de trabajo irremplazable para la gerencia, jefaturas y usuarios claves de mantenimiento, ya que fue creado para ayudar a optimizar la gestión de mantenimiento.

Figura 27. Cobertura gestión SisMAC



Fuente: www.sismac.net/

Características SisMAC

- Es totalmente paramétrico, lo que permite al usuario definir cualquier tipo de activo a mantener, por ejemplo: maquinaria industrial, vehículos, edificios, equipos de oficina, equipo médico y todo lo que el usuario crea conveniente y necesite programar y controlar su mantenimiento.
- Utiliza un código de estructura inteligente y jerárquica, que permite ubicar los diferentes bienes a mantener. Este tipo de código utiliza una secuencia lógica de niveles de información. Ej.: 1.- Localizaciones (Ubicaciones principales), 2.- Áreas (Dependencias), 3.- Sistemas (Vehículos, Maquinarias), 4.- Equipos (Motor de combustión, Sistema eléctrico, etc.), 5.- Componentes, 6.-Elementos; ligados con un banco estándar de familias de bienes/equipos.
- Es multiempresa y multiusuario.
- El inventario y su filosofía de jerarquización de bienes / instalaciones a mantener constituye la columna vertebral donde se apoya toda la información que maneja SISMAC en el resto de módulos. Crea vínculos entre el área técnica y el área financiera (activos fijos, centros de costos, etc.), lo que facilita la realización de un sin fin de análisis técnico-financieros.

Funciones SISMAC

- Permite asignar calendarios y programas de mantenimiento para cada una de las instalaciones.
- Permite desglosar los bienes / equipos con sus respectivos códigos de parte para facilitar los pedidos de compra.
- Permite vincular materiales / repuestos / herramientas existentes en bodega con cada uno de los equipos y asignarlos a cada una de las tareas de mantenimiento de los mismos.
- Permite crear vínculos con la documentación técnica (manuales, planos no digitalizados) que posee la empresa en su archivo técnico (biblioteca).
- Permite asignar a cada uno de los bienes / equipos información técnica computarizada como son: planos en AutoCAD u otro graficador, fotografías digitales, imágenes, etc.
- Mediante la utilización de coordenadas geográficas, SisMAC permite tener una visualización gráfica geo-referenciada de la posición de los bienes (vehículos, dependencias) a controlar.
- Permite determinar todos los recursos y detalles de programación para cada una de las tareas que constan en el banco de datos.
- Posee una poderosa herramienta de interfaz con otras aplicaciones, que permite vincular entre otras, la información de inventarios de bodega, la misma que debe estar disponible de manera permanente para una adecuada planificación de las actividades a realizar.

Requerimientos generales SisMAC

- El sistema SisMAC usa como base de datos Access o cualquier otro tipo de base de datos que permita utilizar conectividad ODBC como son: SQL Server, Oracle, Informix, DB2, SQL Base, entre otras y su lenguaje de programación es Visual Basic, SisMAC C significa Sistema de Mantenimiento Asistido por Computador.
- SisMAC necesita como mínimo un computador Pentium II (o su equivalente) con 16Mb en memoria RAM y Windows 95.

5.2.1.2 SGMPPro. Surge como resultado de la necesidad de automatizar los procesos fundamentales en la gestión de mantenimiento a través de la conexión a internet o en una intranet. SGMPPro es una aplicación web, la cual permite el ingreso de estrategias, técnicos, equipos, ubicaciones técnica, componentes, repuestos y fallas, con el fin de realizar el plan de mantenimiento anual.

Figura 28. Cobertura gestión SGMPPro



Fuente: Manual SGMPPro

Características SGMPPro

- Puede ser utilizado mediante el internet a través de un dominio, o por defecto, en un grupo de computadoras conectadas en una red, donde una funcione como servidor, en el cual estará alojada la aplicación y en donde todos los ordenadores accederán a los servicios que proporciona el servidor; a esto se le denomina como intranet.
- Es una aplicación amigable para el usuario y de muy fácil manejo, con íconos intuitivos para cualquier persona, lo cual permitirá el autoaprendizaje del funcionamiento del software.
- El Sistema SGMPPro servirá de ayuda para las pequeñas y medianas empresas que realicen actividades de mantenimiento.
- Utiliza un código de cuatro niveles jerárquicos, permitiendo ubicar los diferentes bienes a utilizar. Este tipo de código utiliza una secuencia lógica de niveles de información. Ej.:1.- Localizaciones (Ubicaciones principales), 2.- Áreas

(Producción, Operación, etc.), 3.- Equipos (Motor de combustión, Sistema eléctrico, etc.), 4.- Componentes.

- Realiza acciones que solo le competen al técnico, estos pueden ser valores de medición, notificar actividades, reporte de fallas, determinación de las actividades de los técnicos.

Funciones SGMPPro

- Permite llevar con mayor efectividad y rapidez, el control de las actividades que se realizan por parte de sus técnicos.
- Determina un reporte de fallas permitiendo llevar una planificación anual de las actividades de acuerdo al número de semana.
- Permite a los técnicos de la empresa reportar fallas en el desarrollo de las actividades, ya sean fallas en los equipos de mantenimiento o problemas al desarrollar alguna actividad.
- Se podrá establecer el tiempo de para de los equipos determinando así costos por la falla de los equipos.
- Permite realizar la gestión de ubicación técnica, área, equipo, componente, estrategias, técnicos y repuestos.
- Realiza automáticamente el plan de mantenimiento de acuerdo con las estrategias que se vayan planteando.
- Permite al usuario poder cambiar la contraseña de inicio de sesión para evitar accesos no autorizados a la parte modular de la aplicación.

Requerimientos Generales SGMPPro

SGMPPro requiere de las siguientes especificaciones técnicas para su uso óptimo y eficaz:

- Sistema Operativo Windows XP.
- Disco Duro de 20GB.
- Procesador Intel Pentium 4 de 3.0 Ghz.
- Monitor 14’’ Resolución 1280 x 720.
- Navegador Mozilla Firefox versión 3.0.19.

5.2.1.3 MP2. Es un sistema computarizado de gestión de mantenimiento (CMMS), también conocido como un sistema de gestión de activos empresariales (EAM) o un sistema de gestión de activos instalaciones (FAMS). MP2 es un sistema de gestión de activos completamente integrados, los mismos que permiten a la empresa:

- Organizar y realizar un seguimiento del inventario.
- Administrar los costos del equipo.
- Seguimiento de la historia del equipo.
- Programar tareas de mantenimiento preventivo.
- Mantener registros laborales confidenciales.
- Asignar recursos.
- Generar órdenes de trabajo.
- Solicitud y comprar piezas.
- Fallas en los equipos de proyecto.

MP2 establece el estándar de la industria de tal manera que sea un software de mantenimiento basado en gráficos, diseñado para la organización de cualquier tamaño.

Figura 29. Cobertura gestión MP2



Fuente: <http://www.pmxpro.com/descargas/mp2enterprisesql.pdf>

Características MP2

Las características son las siguientes características:

- MP2 se acomoda a pequeñas y medianas instalación.

- Se puede instalar en un sistema único, sistema cliente/servidor.
- Tiene una capacidad de ascenso sin fisuras. Por ejemplo, se pueden ingresar datos en una versión única, y luego escalar a un sistema cliente/servidor sin ingresar datos adicionales.
- Identifica situaciones de mantenimiento difíciles en las instalaciones, brinda justificación para recursos adicionales.
- Produce informes precisos para niveles de planta Genera informes de incrementos societario de alto nivel corporativo.
- Es un muy completo programa de gestión de mantenimiento.

Funciones MP2

- Graba y almacena datos sobre el mantenimiento actual y el esperado del equipo.
- Seguimiento de los ítems del inventario usados en sus operaciones de mantenimiento.
- Predice fallas de equipamiento basándose en las sucesivas mediciones sobre el funcionamiento del equipo.
- Permite especificar el gasto anticipado de cada centro de costos, departamento, etc., para cada año y comparar el presupuesto planeado con el gasto real.
- Tiene un amplio sistema de seguridad que le permite asignar los usuarios a distintos grupos y definir entonces qué puede ver o no cada grupo de usuarios.

Requerimientos Generales MP2

MP2 requiere de las siguientes especificaciones técnicas para su uso óptimo y eficaz.
Servidor base de datos:

- Procesador: Recomendable UNIX.
- Memoria en Ram: 128 MB mínimo por aplicación.
- Espacio del disco duro: 4 GB.
- CD-ROM: Requiere instalación.
- Base de datos: Oracle 8i versión 8.1.7; net8.

5.2.1.4 Cuadro comparativo de software por funciones. En el siguiente cuadro se realizará una comparación de características, funciones y aplicaciones que tienen estas herramientas informáticas, las mismas que se ponderará de acuerdo a las respectivas funciones que cumple cada software con las necesidades y requerimiento de la empresa.

Tabla 63. Comparativo de software por funciones

FUNCIONES	SOFTWARE		
	SisMAC	SGM PRO	MP2
Análisis de datos históricos	X	X	X
Factor de seguridad& humano	X		X
Servicio de soporte técnico	X	X	X
Personalización del sistema	X	X	X
Flexibilidad y Confiabilidad sistema	X	X	
Facilidad en el idioma	X	X	
Análisis de fiabilidad	X		
Facilidad de utilización		X	
Aplicación de la gestión por internet	X	X	
Tiempo medio entre fallas	X		X
Asigna planes de mantenimiento	X	X	X
Costo de la falla	X	X	X
Aplicación de intranet	X	X	
Asigna cronograma de mantenimiento	X	X	X
Vinculación de documentación técnica	X	X	X
Análisis de fallas	X	X	X
Asignación de actividades de trabajo	X	X	X
Vinculación con CAD, Fotografías digitales e imágenes	X		X
Aplicación WEB	X	X	
Análisis de stock de repuestos	X	X	X
Reportes de reparaciones	X		X
Análisis de efectos y modos de falos	X		
Mantener registros laborales confidenciales.	X		X
SUMATORIA DE FUNCIONES	22	16	15

Fuente: Autor

Una vez determinado las funciones que cumple cada software, en la Tabla 64 se procedió establecer el grado de importancia de cada función con respecto a los requerimientos y necesidades de la empresa para la adquisición de un software que permita realizar de manera eficiente la gestión de mantenimiento.

Es decir que a esta ponderación se le asigna la palabra *REQUIERE* si cumple con los requerimientos de la empresa y *NO REQUIERE* a las funciones que no son indispensables para la misma.

Tabla 64. Requerimientos de la empresa

FUNCIONES	IMPORTANCIA
Análisis de datos históricos	Requiere
Factor de seguridad& humano	No requiere
Servicio de soporte técnico	Requiere
Personalización del sistema	Requiere
Flexibilidad y Confiabilidad sistema	Requiere
Facilidad en el idioma	Requiere
Análisis de fiabilidad	No requiere
Facilidad de utilización	Requiere
Aplicación de la gestión por internet	Requiere
Tiempo medio entre fallas	No requiere
Asigna planes de mantenimiento	Requiere
Costo de la falla	Requiere
Aplicación de intranet	Requiere
Asigna cronograma de mantenimiento	Requiere
Vinculación de documentación técnica	Requiere
Análisis de fallas	Requiere
Asignación de actividades de trabajo	Requiere
Vinculación con CAD, Fotografías digitales e imágenes	No requiere
Aplicación WEB	No requiere
Análisis de stock de repuestos	Requiere
Reportes de reparaciones	No requiere
Análisis de efectos y modos de fallos	No requiere
Mantener registros laborales confidenciales.	No requiere
N° DE REQUERIMIENTOS	15

Fuente: Autor

5.2.3 Estudio de los GMACs. En este punto se realizará la comparación de los requerimientos entre la sumatoria de funciones cada software en relación con la cantidad de requerimientos de la empresa.

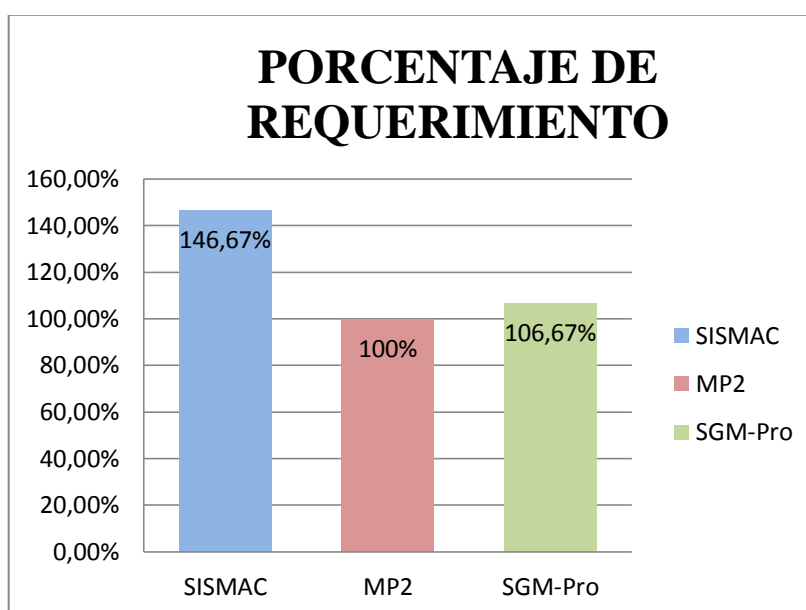
5.2.3.1 Análisis de las características de los GMACs con respecto a los requerimientos de la empresa. Para ello la Tabla 63 sirvió de referente para obtener el número de cumplimientos de cada software, con lo que en la Tabla 65 se procedió hacer un cálculo dividiendo el N° de funciones para el N° de requerimientos de la empresa obteniendo el porcentaje de cada software designado como cumplimiento, como se verá a continuación.

Tabla 65. Comparación de requerimientos

SOFTWARE	N° DE FUNCIONES	CUMPLIMIENTO
SisMAC	22	146,67%
MP2	15	100%
SGMPro	16	106,67%
	N° REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA 15	

Fuente: Autor

Figura 30. Comparación de requerimientos



Fuente: Autor

Mediante éste análisis de comparación de los software se obtuvo que; SisMAC tiene 146,67%, MP2 tiene 100% y el SGMPPro tiene el 106,67%, dichos porcentajes son elevados por motivo de que superan las necesidades de la empresa y además poseen otras funciones adicionales a estas, con lo que se puede concluir que todos los software se acoplan eficientemente a la empresa.

Además este análisis permitirá tener en cuenta un factor importante como es el sobredimensionamiento, el cual tiene por objeto descartar un software con funciones que no se las va a utilizar.

Para la adquisición del software se propondrá hacer una selección técnico-eficiente para lo cual se realizará el estudio en función de otros factores que corroboraran en la toma decisiones.

5.2.3.2 *Análisis de las características de los GMACs con respecto a funciones pre establecidas.* En el siguiente cuadro se realizará una comparación de las funciones que tienen los software con las funciones requeridas por la empresa, teniendo en cuenta que son quince los requerimientos necesarios por la empresa y veinte y tres el total de funciones que se establecieron para analizar a cada software, a partir de esto se ira evaluando cada una de las funciones y se le asignará el color verde siempre y cuando cumplan una de estas condiciones:

- Si la función del software cumple con el requerimiento estipulado por la empresa.
- Si el software no tiene esa función y dicha función no es requerida por la empresa.

Por otro lado se le asignará el color rojo si se en marca dentro de estas condiciones:

- Si el software no tiene la función que es requerida por la empresa.
- Si el software tiene la función y no es requerida por la empresa.

Mediante este análisis se logrará establecer que software es el más idóneo para cubrir las necesidades de la empresa.

Tabla 66. Comparación de requerimientos con los software

FUNCIONES	SOFTWARE						FUNCIONES REQUERIDAS
	SISMAC		SGM PRO		MP2		
Análisis de datos históricos	X		X		X		REQUIERE
Factor de seguridad& humano	X				X		NO REQUIERE
Servicio de soporte técnico	X		X		X		REQUIERE
Personalización del sistema	X		X		X		REQUIERE
Flexibilidad y Confiabilidad sistema	X		X				REQUIERE
Facilidad en el idioma	X		X				REQUIERE
Análisis de fiabilidad	X						NO REQUIERE
Facilidad de utilización			X				REQUIERE
Aplicación de la gestión por internet	X		X				REQUIERE
Tiempo medio entre fallas	X				X		NO REQUIERE
Asigna planes de mantenimiento	X		X		X		REQUIERE
Costo de la falla	X		X		X		REQUIERE
Aplicación de intranet	X		X				REQUIERE
Asigna cronograma de mantenimiento	X		X		X		REQUIERE
Vinculación de documentación técnica	X		X		X		REQUIERE
Análisis de fallas	X		X		X		REQUIERE
Asignación de actividades de trabajo	X		X		X		REQUIERE
Vinculación con CAD, Fotografías digitales e imágenes	X				X		NO REQUIERE
Aplicación WEB	X		X				NO REQUIERE
Análisis de stock de repuestos	X		X		X		REQUIERE
Reportes de reparaciones	X				X		NO REQUIERE
Análisis de efectos y modos de fallos	X						NO REQUIERE
Mantener registros laborales confidenciales	X				X		NO REQUIERE

Fuete: Autor

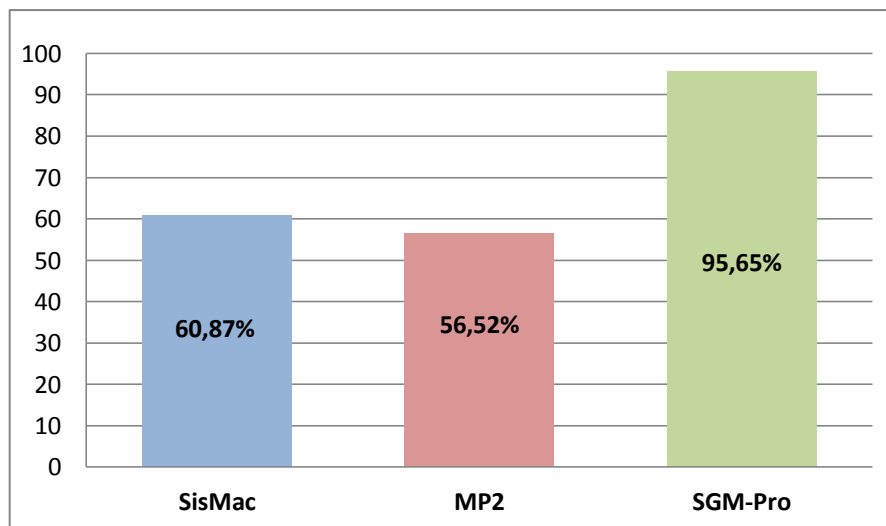
De la Tabla 66 se obtuvieron el número de cumplimientos de funciones de cada software lo cual se detallará en forma cuantitativa el grado de compatibilidad de cada uno de los software, para lo cual en la Tabla 67 se procedió hacer un cálculo dividiendo el N° de cumplimiento para el N° total de funciones a evaluar, obteniendo un porcentaje del grado con que se acopla el software con la empresa, denominado cumplimiento como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 67. Comparación de requerimiento

SOFTWARE	N° DE FUNCIONES	CUMPLIMIENTO	
SisMAC	22	14	60,87%
MP2	15	13	56,52%
SGMPro	16	22	95,65%
	Total de funciones a evaluar 23		

Fuente: Autor

Figura 31. Comparación de requerimiento



Fuente: Autor

De acuerdo con esta comparación se pudo obtener los siguientes resultados; el SisMAC 60,87%, el MP2 56,52% y el SGMPro 95,65%. Cabe recalcar que el software SisMAC posee funciones complejas y características técnicas avanzadas, parámetros que no son necesarios para la empresa ya que esta está iniciando el proceso de implementación de

la gestión de mantenimiento, de tal manera se descarta a esta opción por consecuencia se considera al software que obtuvo el mayor porcentaje por cumplir con los requerimientos exigidos por la empresa. Para establecer una relación entre los estudios realizados se iniciará estipulando una lista de funciones generales en las cuales se evaluará los software seleccionados para el análisis, en este punto se obtendrán datos que reflejan el grado de cumplimiento con las funciones pre-establecidas. Tomando como referencia estas funciones, las cuales se las clasificará como *REQUERIDAS Y NO REQUERIDAS*, atendiendo las necesidades de la empresa.

Una vez realizada esta clasificación, se evaluará al software teniendo como referencia la adaptabilidad tanto con la función como con la necesidad de la empresa, de los resultados obtenidos se evalúa y se diseña un gráfico de datos el mismo que refleja la compatibilidad del software con los requerimientos de la empresa. Con lo que se puede concluir que los estudios son secuenciales para obtener mayor veracidad en los resultados que contribuirá a la correcta selección del software.

5.2.3.3 Análisis de precios. El análisis de precios es un factor primordial en la toma de decisiones para la adquisición del software, para el cual se tendrá que examinar las respectivas características de cada uno y relacionarlo con la perspectiva económica de la empresa la cual servirá como referencia para la aceptabilidad del software.

Tabla 68. Análisis de precios

Factores	SisMAC	MP2	SGMPro
Adaptabilidad	Alto	Medio	Alto
Facilidad de Uso	Bajo	Bajo	Alto
Experiencia	Medio	Medio	Bajo
Costo	\$4000	\$3500	\$2000

Fuente: Autor

5.2.4 Selección del software. Para la selección del software se tomó como referencia las Tablas 63 hasta la 68, basándose en los requerimientos de la empresa como tal, la ponderación y la calificación en escala, como también los factores de mayor relevancia que contribuirán a la correcta adquisición del software.

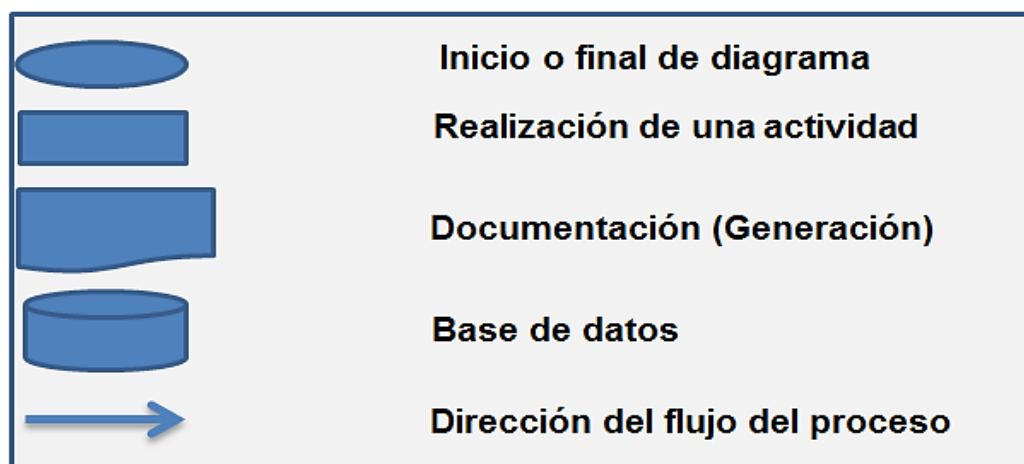
Para ello la Tabla 68 sirvió de referente para la toma de decisiones; se detalla que la capacitación, el servicio técnico y asesoramiento durante la aplicación de la herramienta informática representan el valor agregado del software, dando como resultado óptimo de selección el SGMPPro, debido a los resultados positivos obtenidos en cada uno de los análisis, mismo que cumple con las expectativas de la empresa MKPSERVIC Servicios Petroleros Cía. Ltda.

5.3 Implementación del software de mantenimiento “SGMPPro”

5.3.1 *Flujograma de manipulación del software SGMPPro.* Para realizar una correcta utilización de la herramienta informática se construirá un diagrama de flujo en el cual se especifica una representación gráfica que muestran los pasos que se debe seguir secuencialmente de la misma forma contribuirá a la interpretación de manejo del software, de manera que su manipulación sea comprensible y fácil para el personal de mantenimiento. Para mayor información ver el manual de software (ver Anexo C).

5.3.2 *Construcción de la simbología del flujograma.* Para la construcción del diagrama de flujo se procedió a utilizar símbolos que representan las distintas acciones que se deberá ejecutar en el programa para así garantizar que la implementación de software va a cumplir con los objetivos trazados, a continuación se presentará la siguiente simbología:

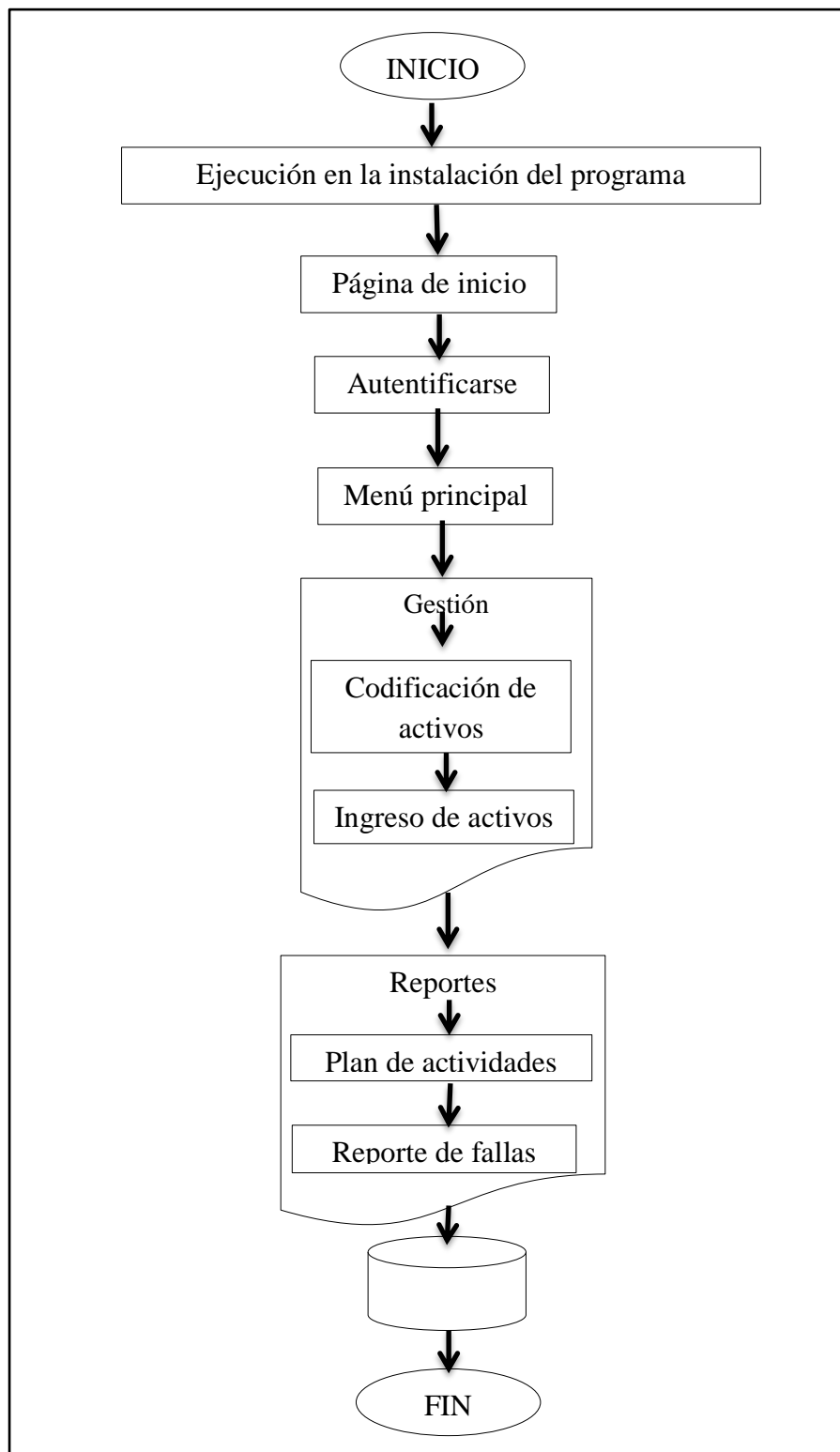
Figura 32. Simbología de flujograma



Fuente:http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama_de_flujo.pdf

5.3.3 Flujograma de manipulación

Figura 33. Flujograma de manipulación



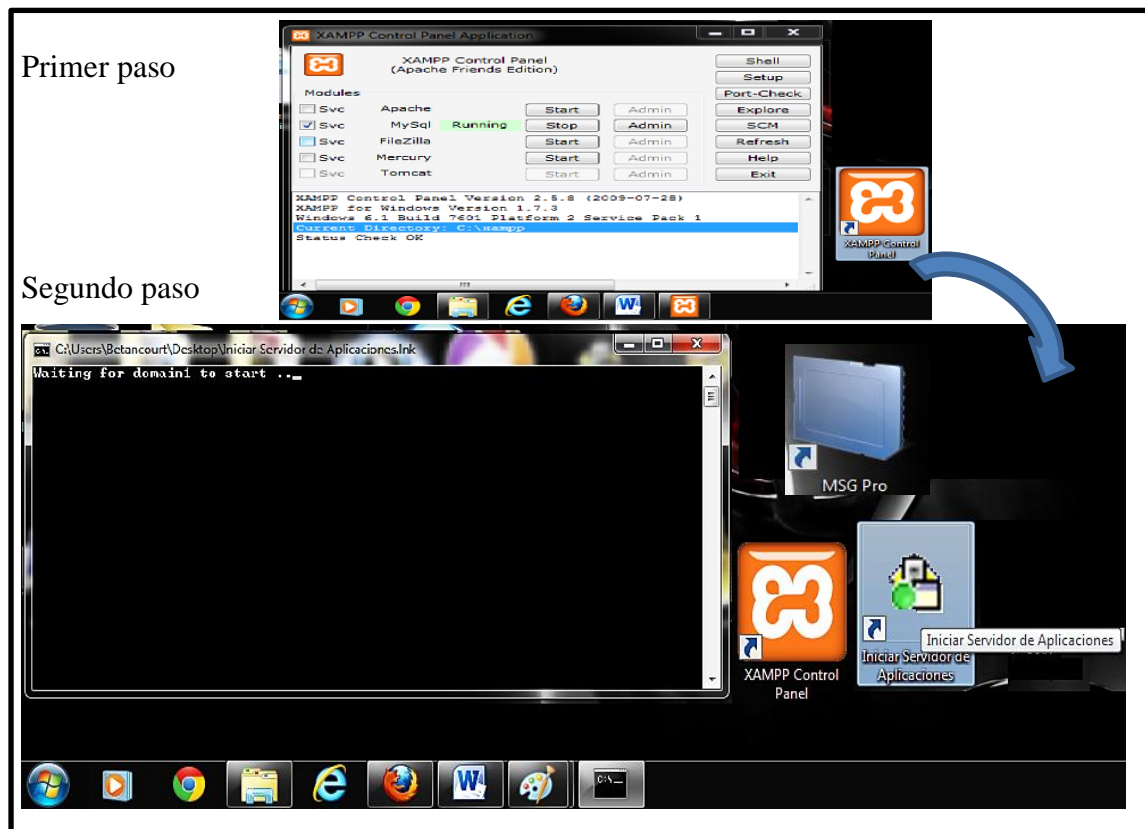
Fuente: Autor

5.3.4 Interpretación flujograma de manipulación del software SGMPPro. En este punto se detalla y se explica los diferentes pasos que se elaboró en el flujograma de manipulación, para ello se los ha establecido por puntos:

5.3.4.1 Ejecución en la instalación del programa. Para empezar el trabajo con el software se debe ejecutar el programa de instalación, posterior a ello el programa estará listo para iniciar una sesión de trabajo en SGMPPro.

Para abrir el programa SGMPPro, inicialmente se ingresa al icono XAMPP Control Panel, ubicado en el escritorio de nuestra PC se cerrará la ventana, dejando que se ejecute en segundo plano, a continuación se da clic en el icono iniciar servidor de aplicaciones que es otro administrador de nuestro programa, se espera hasta que la ventana que se visualiza de este icono se cierre automáticamente, permitiendo que se ejecute la instalación del software completamente, dando como resultado que el programa esté listo para ser utilizado. Se recomienda este proceso de instalación cada vez que se encienda el equipo/ordenador.

Figura 34. Inicio del programa



Fuente: Autor

5.3.4.2 Página de inicio. Para ingresar en la página de inicio, se da clic en el icono del programa SGMPro y en nuestro explorador se va cargar la página web o el portal principal de la aplicación (se recomienda utilizar Mozilla Firefox), luego se da clic en ingresar como se muestra en la figura, se da clic en entrar y se dirigirá a una nueva página inicio.

Figura 35. Pagina ingreso



Fuente: Autor

Luego se mostrará la página de inicio o principal que consta de un menú desplegable con múltiples opciones, para lo cual inicialmente se da clic en inicio que indica una breve introducción sobre el apoyo del software a las industrias y la contraseña del mismo instruyendo la adecuada forma de autenticarse para iniciar sesión, para posteriormente dar clic en iniciar.

Figura 36. Página de inicio



Fuente: Autor

5.3.4.3 Autenticarse. Al dar clic en iniciar la página de inicio presentará la pantalla de ingresos de datos para iniciar sesión, con el fin de que los usuarios puedan acceder con seguridad a la aplicación del sistema, para lo cual se tendrá que ingresar un nombre con su respectiva contraseña, en este caso el usuario es “admin” y la contraseña “admin”, luego proceder a dar clic en login o iniciar sesión permitiendo entrar al sistema.

Figura 37. Contraseña inicio de sesión

Fuente: Autor

5.3.4.4 Menú principal. Después de dar clic en login se mostrará una pantalla de menú principal del sistema en el cual se generan las opciones que ofrece el software para la implementación de gestión de mantenimiento, en el lado izquierdo se ubica una barra de menú desplegable conformada con opciones como; información general, gestión, reportes, soporte técnico, y admin, mismos que al dar clic en cada uno de ellos se desplegará la opción mostrando las diferentes entidades que ofrece el software para la gestión de mantenimiento como se irán detallando a continuación.

Figura 38. Menú principal



Fuente: Autor

5.3.4.5 Gestión. El módulo de gestión contiene un submenú que al momento de ingresar se podrá encontrar diferentes entidades que ayuda en el ingreso de activos, tales como; las estrategias, técnicos, equipos, ubicaciones técnicas, componentes y repuestos, mismas que se detalla al momento de su aplicación.

A. *Ubicación técnica*

Después de ubicarse en *gestión* se procede al ingreso de la *ubicación técnica* de los equipos, mismos para nuestro caso tendrán una sola ubicación ya que toda la empresa ofrece en forma general un solo de servicio, como se explicó en la codificación de equipos mencionada en el capítulo anterior, ejemplo MKP-P, código que hace referencia las tres primeras letras al nombre de la empresa y P= producción que es el área a la que pertenecen los activos, de tal manera que para poder generar se tendrá que dar clic en *agregar ubicación* y se desplegará una pantalla donde se ingresa la codificación y descripción para finalmente elegir la opción *guardar*, se debe tener en cuenta que se puede modificar esta información dando clic en *editar* y de igual forma se podrá eliminar la ubicación que no se requiera como se observa en la figura.

Figura 39. Ubicación técnica

Información General

Gestión

Ubicación Técnica

Equipos

Componentes

Estrategias

Técnicos

Repuestos

Reportes

Soporte Técnico

admin

Gestión

Generar Reportes

Agregar Ubicación

Ingrese una nueva Ubicación Tecnica

Codigo *: MKP-P

Descripcion: Producción

Guardar Cancelar

UBICACION	CODIGO	DESCRIPCION		
34	MKP-P	Producción	Editar	Eliminar
33	MKP	MKPSERVIC servicios petroleros cia. Ltda.	Editar	Eliminar

Fuente: Autor

B. Equipos

Para la realización de la gestión de equipos se debe dar clic en *equipos*, luego aceptar en *agregar equipo* presentando una pantalla en la cual se tendrá que llenar todas las características técnicas del equipo y con su respectiva ubicación técnica, para finalmente guardar la configuración, se hace el mismo proceso para ingresar los demás equipos, de igual forma se puede editar y eliminar información que no sea necesaria.

Figura 40. Gestión de equipos

EQUIPOS

Información General

Gestión

Ubicación Técnica

Equipos

Componentes

Estrategias

Técnicos

Repuestos

Reportes

Soporte Técnico

admin

Gestión

Asignar Actividades

Generar Reportes

Asignar Actividad

NUEVO EQUIPO
Ingrese un nuevo Equipo

Descripción *: Bomba de Superficie Qui

Código *: BQ01

Marca: Natinal Oiwell

Modelo: 300Q-5H

Fabricante: National oiwell

Distribuidor:

Año fabricación: 2012

IdUbicación: MKP-P - Producción

Guardar Cancelar

ID EQUIPO	UBICACION TECNICA	EQUIPO	CODIGO	MARCA	MODELO	FABRICANTE	DITRIBUIDOR	AÑO FABRICA	EDITAR	ELIMINAR
2	Producción	Caja de velocidades	CV01	Eaton Fuller	T095			2012	Editar	Eliminar
1	Producción	Motor de combustion interna a diesel	MC01	Catarpilar	3408C	Catarpilar	Catarpilar	2012	Editar	Eliminar

Fuente: Autor

C. Componentes

En el submenú de *gestión* permite ingresar los diferentes componentes de los equipos, al dar clic en componentes se ingresará en *agregar componentes* mostrando una pantalla de nuevo componente donde se detalla la descripción del componente y ubicar el equipo al que pertenece para finalmente guardar la información, para poder realizar una modificación de esta configuración se utilizará la opción *editar* y de igual forma se tiene la opción *eliminar* cuando ya no se requiera esa información.

Figura 41. Gestión de componentes

COMPONENTES

Gestión Generar Reportes

Agregar Componente

NUEVO COMPONENTE
Ingrese un nuevo Componente

Los campos con asterisco (*) son campos requeridos.

Descripción *: cigüeña

Equipo: MC01 - Motor de combustión interna a diesel

Guardar Cancelar

ID COMPONENTE	COMPONENTE	EQUIPO		
1	cigüeña	Motor de combustión interna a diesel - MC01	Editar Eliminar	

Fuente: Autor

D. Estrategias

Para realizar la gestión de estrategias se ingresará dando clic en *estrategias* ubicado en la barra de menú de gestión, aceptando en *agregar estrategia* se muestra una pantalla en el cual se permitirá ingresar las tareas de mantenimiento con su respectiva *frecuencia* y *tiempo de duración estimado*, también se podrá determinar el *tipo de tarea* a la que pertenece ya sea eléctrico, mecánico, neumático y electrónico. Las tareas se podrán ingresar con las frecuencias en horas, en semanas, en golpes, o en kilómetros, siendo el más recomendable por semanas.

Figura 42. Gestión de estrategias

ESTRATEGIAS

Gestión

Generar Reportes

Agregar Estrategia E. Realizadas E. Revisadas E. de Medición

Ingrese una nueva Estrategia
Los campos con asterisco (*) son campos requeridos.

Actividad * : Cambio de filtro

Duración (Horas) * : 0.5

Frecuencia * : 2

Unidad: Semanas

Tipo: Mecánico

Guardar Cancelar

ID ESTRATEGIA	ACTIVIDAD	DURACIÓN	FRECUENCIA	UNIDAD	TIPO		
34	Cambio de filtro	0.5	2	Semanas	M	Editar	Eliminar

Fuente: Autor

E. Técnicos

En este submenú ubicado en la barra de gestión se podrá registrar el personal designado a realizar las distintas actividades, para el cual se dará clic en *agregar técnico* mostrando la pantalla de nuevo técnico en la que se tiene que registrar la información del personal, para finalmente *guardar* esta configuración.

Figura 43. Gestión de técnicos

TÉCNICOS

Gestión

Generar Reportes

Agregar Técnico

NUOVO TECNICO
Ingrese un nuevo Tecnico

Cedula: 1500844458

Nombre: Oscar

Apellidos: Solorzano

Dirección: Alejandro labaca

Telefono: 0988564212

Guardar Cancelar

ID TECNICO	CEDULA	NOMBRE	APELLIDO	DIRECCION	TELEFONO		
1	1500844458	Oscar	Solorzano	Alejandro labaca	0988564212	Editar	Eliminar

Fuente: Autor

F. Repuestos

Mediante este submenú se ingresa los repuestos que maneja la empresa ya sea para el cumplimiento de alguna actividad o corrección de alguna falla, se da clic en *agregar repuestos* presentando la pantalla de ingreso de un nuevo repuesto donde se registran las características de este, lo importante de llevar un control de repuestos es que permite determinar cuántos de estos se tiene en stock tomando como referencia el *stock mínimo* para su reposición, *costo del repuesto* es muy importante poder detallar el precio de cada repuesto ya que se podrá determinar un presupuesto más exacto, y la unidad con la que se expresa este repuesto entre estos tenemos unidades, litros, galones, y kilos. Y finalmente *guardar* la información, este tiene la opción de *buscador integrado* que permite listar todos los repuestos que se tengan en bodega, además tiene las opciones de *editar* y *eliminar* la información del repuesto que este mal detallado.

Figura 44. Gestión de repuestos

REPUESTOS

Gestión Generar Reportes

Agregar Repuesto

Ingrese un Nuevo Repuesto

Descripción: Aceite Meropa 320

Stock Mínimo: 5

Stock Real: 20

Costo: 2000

Unidad: Unidades

Guardar Cancelar

ID REPUESTO	DESCRIPCION	STOCK MINIMO	STOCK REAL	COSTO	UNIDAD			
2	Aceite Meropa 320	5	20	2000.0	Unidades	Editar	Eliminar	Comprar

Fuente: Autor

5.3.4.6 Reportes. Este módulo de reportes consta de una barra desplegable, es decir que al momento de ingresar se podrá visualizar los diferentes submenús que ayudan en la generación y planificación de la documentación de los resultados de la gestión aplicada, tales como; plan de actividades, reporte de fallas, y asignación de actividades.

A. Asignación de actividades

Una vez ingresado los parámetros técnicos de los equipos se procede a designar las tareas que realizará cada equipo, se establece la semana de inicio para la tarea y el programa automática genera las próximas fechas de mantenimiento, se procurará en lo posible de homogenizar las tareas para el año, de tal manera que el trabajo para el personal no sea sobrecargado en unas semanas y en otras no se tenga tareas que realizar (ver Anexo B).

B. Generación plan de actividades

Después de haber designado las tareas para cada equipo, se procede a generar el plan de mantenimiento según las fechas que se tenga programado.

Aquí se presenta la tarea a realizarse, el equipo al cual se le realizará dicha tarea, la frecuencia en semanas y también se indica la semana del año en el cual se inicia la tarea. Para ubicarse se tendrá que *ingresar en reportes* luego clic en *plan de actividades* se presentará una pantalla donde se podrá *ver o generar* el plan de mantenimiento.

C. Homogenización del plan de actividades

Luego de haber designado las respectivas tareas con sus frecuencias a cada equipo, se podrá generar el plan de mantenimiento para el año designado, se muestra una pantalla con la generación del mismo pero con la particularidad que no se distribuirán correctamente las tareas ocasionando sobrecargas en unas semanas y en otras no, debido a ello se realiza la homogenización del plan de actividades consistiendo en organizar y distribuir la misma cantidad tareas para cada semana, logrando no superar el límite superior máximo (LSM) ni decaer a el límite inferior mínimo (Lim) de tareas óptimas por semana.

D. Reporte de fallas

Esta herramienta informática tiene también la opción de ingresar fallas, donde se registra la fecha que sucedió, la fecha que se atendió y la fecha que se demoró en entender la falla.

Para ubicarse se tendrá que entrar en *reportes*, se desplegará la barra y dar clic en *reportes de fallas*, luego dar clic en *reportar falla* donde se mostrará la opción de nueva falla, en la cual se tiene que describir la novedad de la falla, las fechas de inicio y final de la falla se ingresan dando clic en la parte derecha de cada fecha estipulada se podrá realizar un registro más específico en cuanto al factor tiempo en que se realizó la intervención de esa falla, de manera que se puede introducir datos reales que ayudan en la elaboración de reportes de indicadores, teniendo que ubicar la falla al respectivo equipo, además se tiene presente la opción de *mis repuestos* el cual permitirá confirmar el stock de repuestos que se tiene en bodega.

Figura 45. Reporte de fallas

ID FALLA	EQUIPO	NOVEDAD	HORA INICIO	HORA FIN	FECHA INICIO	FECHA FIN	TIEMPO FALLA
1	MC01 - Motor de combustion interna a diesel	rotura de rueda dentada	12:30:23	17:05:40	2013-01-02	2013-01-02	4.0

Fuente: Autor

5.3.4.7 *Base de datos empleada en el software.* La base de datos del software consiste en un conjunto exhaustivo no redundante de datos estructurados, interrelacionados, y organizados, independientemente de su utilización y acoplado a este programas que permiten acceder a esos datos. El objetivo primordial de esta base de datos es proporcionar un ambiente que sea conveniente y eficiente tanto al extraer como al almacenar datos.

Además es un proceso de fácil utilización y práctico para la empresa, ya que se puede almacenar la información de forma segura y adaptable hacia otras herramientas informáticas.

Debido a que las diferentes entidades que tiene esta programación ayudan a la implementación de la gestión de mantenimiento, es decir que las ubicaciones técnicas seleccionan el lugar específico de cada uno de los activos de acuerdo a su marca y numeración del equipo como también documentación y/o características técnicas, encargándose de llevar un registro exacto de estos, con el fin de prevenir un fallo inesperado, las estrategias a ejecutarse para cada equipo son específicas con el factor tiempo y fecha específica de acuerdo con su respectiva frecuencia, se realiza la asignación de actividades acorde con el personal que esté a cargo de las mismas, así como también realizando notificaciones de las actividades de los repuestos, no olvidando que de acuerdo con la gestión de mantenimiento se puede crear reportes de fallas que ayuda a que el software genere un adecuado historial de averías.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se muestra que la situación actual de mantenimiento del equipo de superficie de la empresa, no es llevada correctamente en un registro estadístico, y consecuentemente a esto no aplica procedimientos técnicos acordes con gestión de mantenimiento.

Para la implementación de la gestión de mantenimiento se tomó como punto de partida la elaboración de inventario, codificación y documentación técnica de cada uno de los equipos, mismos que son el fundamento para el desarrollo de análisis de modos y efectos de fallos, restricciones y criticidad.

El plan de mantenimiento planteado incorpora ordenadamente información útil que se adquirió en la empresa, el cual se encontraba dispuesto de varias formas y distintos idiomas.

La estrategia o herramienta informática SGMPro cumple con los requerimientos de la empresa, está acorde con parámetros técnicos de los equipos, logrando con ello generar de forma automática el plan de mantenimiento y además crear reportes para archivar como bitácoras de mantenimiento de los equipos.

Con la implementación del mantenimiento preventivo planificado se logrará optimizar recursos económicos, mano de obra, tiempos improductivos y así crear una cultura preventiva cuyos resultados a largo plazo representaran beneficios considerables para la empresa.

6.2 Recomendaciones

Recordar que un plan de mantenimiento jamás debe ser estático, por lo que se recomienda, retroalimentarse de conocimiento y experiencia de uso diario.

Llevar una adecuada utilización del software, ya que esta destinado a la organización, planificación, ejecución, y control de la gestión de las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias logrando seguir acciones preventivas, correctivas o predictivas mediante la definición de trabajos determinados en función de los parámetros técnicos de los diferentes equipos.

Capacitar al personal técnico en la implementación y utilización del programa de mantenimiento sobre el equipo de bombeo hidráulico ya que el mismo permitirá reducir paros imprevistos, fallos, averías así como el mantenimiento correctivo con el propósito que los equipos mejoren su rendimiento, utilidad y producción.

Fomentar cultura sobre la utilización de la gestión de mantenimiento, con el objeto de optimizar el funcionamiento de los equipos del presente proyecto o para cualquier equipo.

Realizar una correcta manipulación de la información y llevar un registro de datos reales en la documentación propuesta con el propósito de crear una base de datos confiable que nos permita generar los indicadores de mantenimiento que serán un método para evaluar el grado de eficiencia de la implementación realizada en la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

AMENDOLA, Luis. 2011. Análisis de Criticidad. [En línea] 29 de Marzo de 2011. [Citado el: 30 de Mayo de 2013.] <http://www.emagister.com/curso-confiabilidad-operacional/analisis-criticidad-introduccion>.

BOERO, Carlos. 2006. Mantenimiento Industrial. Cordoba : Jorge sarmiento, 2006, pág. 14.

DRESSER. 2003. Introducción a los Sistemas de Bombeo Hidráulico. *Introducción a los Sistemas de Bombeo Hidráulico*. texas : Dresser, 2003, págs. 1-1,5-1,5-5,5-11,5-25.

GARCIA, Garrido Santiago. 2003. Codificación de Equipos. *Libro Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. Madrid : Diaz de santos. S.A., 2003, págs. 13-14.

GARCIA, Palencia Oliveiro. 2012. Analisis de criticidad. *Gestion moderna del mantenimiento industrial*. Bogotá : De la U- calle 24 A N.- 43-22, 2012, págs. 110- 111,112-113,129-131.

GONZALEZ, Fernandez Javier. 2005. Generalidades de Mantenimiento. [aut. libro] Javier González fernández. *Teoria y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. Madrid : Fc Editorial, 2005, pág. 37.

HERNÁNDEZ, Eduardo. 2012. *Gestion del mantenimiento*. Riobamba : s.n., 2012, págs. 87-88, 101-123.

Ingeneria Proyectos Mantenimiento. 2009. Mantenimiento Industrial. [En línea] 1 de Junio de 2009. [Citado el: 11 de Agosto de 2013.] www.ipmaslan.com.

MADRIGAL, Adriana. 2012. Capacitaciones & Entrenamiento, Empresas Petroleras. [En línea] 28 de Septiembre de 2012. [Citado el: 25 de Julio de 2013.] <http://empleospetroleros.org/2012/09/28/sistemas-de-levantamiento-bombeo-hidraulico/>.

MKPSERVIC . 2012. Documentacion técnica. Manual Departamento de produccion. Francisco de orellana : s.n., 2012.

MOROCHO, Manuel. 2003. Determinación del Estado Técnico de los Equipos. *Administración del Mantenimiento*. Riobamba : s.n., 2003, págs. 10-13, 64-80.

RAMIREZ, Angel J. 2008. Gestión del Mantenimiento. *Tecnología de la Prevención*. Riobamba : s.n., 2008, pág. 107.

SEXTO, Luis felipe. 2013. Art. Rcm Evaluación de Tareas. [En línea] 28 de Mayo de 2013. [Citado el: 20 de septiembre de 2013.] <http://es.scribd.com/doc/144280528/Art-Rcm-Evaluacion-de-Tareas>.

SOCORRO, Gabriel 2. 2012. Clase iii Bombeo Hidráulico tipo Jet 2. [En línea] 03 de octubre de 2012. [Citado el: 7 de agosto de 2013.] <http://www.slideshare.net/gabosocorro/clase-iii-bombeo-hidraulico-tipo-jet>.

SOCORRO, Gabriel. 2012. Bombeo hidráulico tipo pistón. [En línea] 28 de mayo de 2012. [Citado el: 6 de agosto de 2013.] <http://www.slideshare.net/gabosocorro/bombeo-hidraulico-tipo-pistn>.

TORRES, Albert Suñé, GIL, Vilda Francisco y ARCUSA, Postils Ignacio. 2004. Teoría de las restricciones. *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. Madrid : Díaz de Santos. S.A., 2004, págs. 24-27.

TORRES, Leandro Daniel. 2010. Conceptos de Mantenimiento. *Mantenimiento su Implementacion y Gestión*. Argentina : Universitas, 2010, págs. 19-20,127-139,223.

VIEJO, Manuel y ALVAREZ, Javier. 2004. Clasificación de los Equipos de Bombeo. *Bombas, Teorias, Diseño y Aplicaciones*. México : Limusa Noriega Editores, 2004, pág. 13.

WEATHERFORD. 2005. Sistema de Bombeo Hidráulico. *Weatherford.com*. [En línea] 2005. [Citado el: 12 de 06 de 2013.] <http://www.weatherford.com/weatherford/groups/web/documents/weatherfordcorp/WFT015205.pdf>.